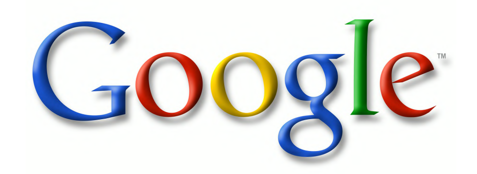






Dr Ernst Mach

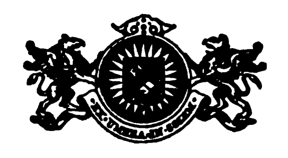
ERNST MACH
ALS PHILOSOPH, PHYSIKER UND PSYCHOLOG

EINE MONOGRAPHIE

VON

DR. HANS HENNING

MIT EINEM BILDNIS



LEIPZIG 1915
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH

Druck von Grimme & Trömel in Leipzig

ERNST MACH
dankbar gewidmet
vom Verfasser

Vorwort.

Zum ersten Male wird hier eine gesamte Darstellung der MACHschen Arbeiten gegeben, für die ich fast das „Nonum prematur in annum" in Anspruch nehmen darf.

Der Einteilung in Philosophie, Physik und Psychologie entsprechend wendet sich dieses Buch an weitere Kreise, nicht bloß an Philosophen. Sowohl der Physiker als auch der Psycholog dürften einigen Nutzen daraus ziehen, daß endlich MACHs Arbeiten zusammengestellt sind; ja diese Zusammenfassung ist direkt ein Bedürfnis, denn ich mußte bereits mehrere Male bei der Besprechung neuer Experimentaluntersuchungen darauf hinweisen, daß MACH diese Ergebnisse schon 50 Jahre früher gefunden hatte.

ERNST MACH ließ den Spezialwissenschaften so fruchtbare Anregungen und Förderungen zuteil werden, daß die Monographie dieses Klassikers der Naturwissenschaften keine besondere Begründung braucht. Eine solche historische und systematische Schilderung des Gesamtwerkes findet ihren Wert in sich selbst; sie dient dem Freund wie dem Gegner.

Nun ein Wort zu MACHs Philosophie. Hätte er ein Schlagwort erfunden, mit dem das Wesentliche seiner Erkenntnislehre getroffen wird, so hätte er sich die maßlose Verkennung seitens der Kantianer ersparen können, die ihn als Positivisten, Sensualisten, als Anhänger HERAKLITs usf. auffaßten.

Am ehesten könnte MACHs Lehre — wenn schon ein Fremdwort nötig ist — als Funktionalismus bezeichnet werden. Die Welt wird analysiert in Elemente, das heißt eben Wissenschaft. Man darf hinterher nicht verlangen, MACH solle die Welt mit seinen Elementen wieder aufbauen. Das gleicht dem Verhalten jenes Bauern, der sich erst die Funktionen einer Maschine er-

klären ließ, und der dann fragte, wo das Pferd sei, das die Maschine treibe. Mit Begriffen kann niemand die Welt aufbauen, auch KANT nicht. Zur Wiederherstellung der zerstörten Städte Siziliens gehören andere Bausteine, als sie die Philosophie aufweist. Dieser landläufige Einwand gegen MACH zeigt also eine geringe logische Reife.

Die Welt wird zum Zwecke wissenschaftlicher Erkenntnis analysiert. Einerseits stehen die Körper der Außenwelt in funktionaler Beziehung zueinander; davon handelt die Physik und die Naturwissenschaft. Die Beziehungen derselben Körper zu meinem Leib betreffen die Physiologie, zu meinen seelischen Erscheinungen aber die Psychologie. Damit ist eine einheitliche funktionale Auffassung gesichert; man braucht nicht mehr die Anschauungen zu wechseln, wenn man von der Physik zur Physiologie oder zur Psychologie übergeht. Das ist MACHs funktionale Erkenntnislehre.

Wenn MACH diese letzteren funktionalen Elemente, nämlich die Beziehungen der Körper der Außenwelt zu den seelischen Erscheinungen auch „Empfindungen" nennt, um dem Sprachgebrauche des einfachen Menschen entgegen zu kommen, so darf man doch nicht wie alle Kantianer diese Empfindung als philosophische Funktion verwechseln mit dem Empfindungsbegriff, wie er im Spezialbetriebe der experimentellen Psychologie üblich ist. MACH schickt das in jedem Buche ausdrücklich voraus. Da alle Kantianer mit ihrem Verständnis an dieser Terminologie strandeten, möchte ich für die Ausmerzung dieses doppelten Empfindungsbegriffes in philosophischen Fragen votieren. Dann wird auch der Kantianer sehen, daß MACH niemals ein Sensualist ist, sondern daß es ihm auf die funktionale Abhängigkeit ankommt, daß diese das Wesentliche ist.

Die zahllosen Dissertationen kantianischer Richtung über MACHs „Erkenntnistheorie" sind also gänzlich wertlos. Als die erste Dissertation über MACHs „Erkenntnistheorie" erschienen war, schrieb MACH, daß er überhaupt gar keine Erkenntnistheorie vertrete; er fühle sich deshalb nicht getroffen, wenn man einige Zitate aus seinen Werken umdichte, und dieses selbst geschaffene Schreckgespenst hinterher widerlege. Die Diskussion ist demnach von ganz anderen Gesichtspunkten aus zu führen.

Den Mißverständnissen der Kantianer bin ich schon an anderem Orte begegnet[1]), so daß die Polemik hier zurücktreten darf. Ich denke, daß die Schrift dadurch an Wert gewinnt. Möge sie MACHs Gegnern die wahre Lehre vermitteln, seinen Anhängern aber eine erwünschte Zusammenstellung sein!

Da MACHs Weltanschauung aus seinen philosophischen, physikalischen, physiologischen und psychologischen Spezialarbeiten hervorwuchs, ist es wohl nicht unbillig, daß man bei der philosophischen Wertung und Beurteilung auch von diesen Quellen Notiz nimmt.

Frankfurt a. M., im Juni 1914.

H. H.

---

[1]) HANS HENNING, Irrgarten der Erkenntnistheorie. Bongard, Straßburg 1912. — KANTS Nachlaßwerk. Ebenda. — GOETHE und die Fachphilosophie. Ebenda.

Inhaltsverzeichnis.

ERNST MACH-Bibliographie.

1859.

1. Über elektrische Entladung und Induktion. (Mit BLASERNA und PETERIN.) Sitzber. d. Wien. Akad., 1859.

1860.

2. Über Änderung des Tones und der Farbe durch Bewegung. Sitzber. d. Wien. Akad., 1860, Bd. 41, Nr. 17.

1861.

3. Über die Kontroverse zwischen DOPPLER und PETZVAL bezüglich der Änderung des Tones und der Farbe durch Bewegung. Schlömilchs Zeitschr. f. Math. und Phys., 1861, Heft 2.
4. Über die Änderung des Tones und der Farbe durch Bewegung. Pogg. Ann., Bd. 112.
5. Über das Sehen von Lagen und Winkeln. Sitzber. d. Wien. Akad., 1861, Bd. 43.
6. Vorlesungen über Psychophysik. Österreich. Zeitschr. für prakt. Heilkunde, Jahrg. 9, Heft 8—20.

1862.

7. Über die Änderung von Ton und Farbe durch die Bewegung. Pogg. Ann., Bd. 116.
8. Theorie der Pulswellenzeichner. Sitzber. d. Wien. Akad., 1862.

1863.

9. Kompendium der Physik für Mediziner. Wien 1863.
10. Zur Theorie des Gehörorgans. Sitzber. d. Wien. Akad., 1863, Bd. 48.
11. Über Spektren. Schlömilchs Zeitschr. f. Math. und Phys., 1863.
12. Über die Gesetze des Mitschwingens. Sitzber. d. Wien. Akad., 1863.

1864.

13. Über Spektren. Schlömilchs Zeitschr. f. Math. und Phys., 1864.
14. Über einige der physiologischen Akustik angehörenden Erscheinungen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1864.
15. Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen. Fichtes Zeitschr. f. Philos., 1864, Bd. 46.

1865.

16. Über den Zeitsinn des Ohres. Sitzber. d. Wien. Akad., 1865, Bd. 51.
17. Bemerkungen über die Akkommodation des Ohres. Sitzber. d. Wien. Akad., 1865.
18. Über die Wirkung der räumlichen Verteilung des Lichtreizes auf die Netzhaut. Sitzber. d. Wien. Akad., 1865, Bd. 52.
19. Über intermittierende Lichtreize. Archiv von Reichert und Dubois, 1865.
20. Zwei populäre Abhandlungen über Optik. Graz 1865.
21. Raum und Zeit. Fichtes Zeitschr. f. Philos., 1865, Bd. 46.
22. Über Flüssigkeiten, welche suspendierte Körperchen enthalten. Pogg. Ann., Bd. 126.
23. Zwei populäre Vorlesungen über musikalische Akustik. Graz 1865.
24. Über den Raumsinn des Ohres. Pogg. Ann., 1865.

1866.

25. Über die Entwicklung der Raumvorstellung. Fichtes Zeitschr. f. Philos., 1866.
26. Einleitung in die HELMHOLTZsche Musiktheorie. Graz 1866.
27. Über die wissenschaftliche Anwendung der Photographie und Spektroskopie. Sitzber. d. Wien. Akad., 1866.
28. Vorrichtung zur mechanisch-graphischen Darstellung der Schwingungskurven. Pogg. Ann., 1866.
29. Über die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize. Sitzber. d. Wien. Akad., 1866, Bd. 54.

1867.

30. Über die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize. Dritte Abhandlung. Sitzber. d. Wien. Akad. 1867.
31. Über die Definition der Masse. Carls Repertorium, Bd. 4. (Abdruck in Nr. 47.)
32. Eine Longitudinalwellenmaschine. Pogg. Ann., 1867.

1868.

33. Über die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize. Vierte Abhandlung. Sitzber. d. Wien. Akad. 1868.
34. Über die Abhängigkeit der Netzhautstellen voneinander. Vierteljahresschrift für Psychiatrie. Leipzig-Neuwied 1868.
35. Beobachtungen über monokulare Stereoskopie. Sitzber. d. Wien. Akad., 1868, Bd. 58.
36. Einfache Demonstration des HUYGENSschen Prinzips. Pogg. Ann., 1868.
37. Einfache Demonstration des HUYGENSschen Prinzips. Sitzber. d. Wien. Akad., 1868, Bd. 57.
38. Einfache Demonstration der Schwingungsgesetze gestrichener Saiten. Pogg. Ann., 1868.

1870.

39. Mitteilung über einen Apparat zur Schallwellenbewegung. Wien. Akad. Anz., 1870, Nr. 1.
40. Über die Beobachtungen von Schwingungen. Wien. Akad. Anz., Nr. 6. (39 und 40 auch abgedruckt in Nr. 56.)

1871.

41. Über den zweiten Hauptsatz. Lotos, Jahrbuch f. Naturwiss. Prag 1871, Februarnummer (abgedruckt in Nr. 47).
42. Naturforscher- und Ärzteversammlung in Rostock, 1871. Tageblatt Nr. 4.

1872.

43. MACH-KESSEL: Über die Akkommodation des Ohres. Sitzber. d. Wien. Akad., 1872, Bd. 66.
44. MACH-KESSEL: Die Funktion der Trommelhöhle. Sitzber. d. Wien. Akad., 1872, Bd. 66.
45. Bemerkungen über die Funktion der Ohrmuschel. Tröltschs Arch. f. Ohrenheilk., Neue Folge, Bd. 3.
46. Die Gestalten der Flüssigkeit. Die Symmetrie. 1868 und 1871. Calve, Prag 1872 (abgedruckt in Nr. 120).
47. Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Calve, Prag 1872 (vgl. Nr. 137).
48. Zur Theorie des Gehörorgans. Prag 1872 (Neudruck von Nr. 10), jetzt Barth, Leipzig.
49. Temporäre Doppelbrechung der Körper durch einseitigen Druck. Pogg. Ann., 1872.
50. Spektrale Untersuchung eines longitudinal tönenden Glasstabes. Pogg. Ann., 1872.

1873.

51. Physikalische Versuche über den Gleichgewichtssinn des Menschen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1873, Bd. 68.
52. Die Funktion der Trommelhöhle und der Tuba Eustachii. Sitzber. d. Wien. Akad., 1873.
53. Versuche über die Akkommodation des Ohres. Sitzber. d. Wien. Akad., 1873.
54. MACH-FISCHER: Die Reflexion und Brechung des Schalles. Pogg. Ann., Bd. 149.
55. MACH-FISCHER: Die Reflexion und Brechung des Schalles. Sitzber. d. Wien. Akad., 1873.
56. Optisch-akustische Versuche. Die spektrale und stroboskopische Untersuchung tönender Körper. Calve, Prag 1873, jetzt Barth, Leipzig.
57. Nachbilder von Reizänderungen. Lotos, Jahrbuch f. Naturwiss., Prag 1873, Augustnummer.
58. Beiträge zur DOPPLERschen Theorie der Ton- und Farbenänderung durch Bewegung. Calve, Prag 1873, jetzt Barth, Leipzig.

59. Über die stroboskopische Bestimmung der Tonhöhe. Sitzber. d. Wien. Akad., 1873.
60. Über die STEFANschen Nebenringe am NEWTONschen Farbenglas. Sitzber. d. Wien. Akad., 1873.
61. Lotos, Jahrbuch f. Naturwiss., 1873, Novembernummer.
62. Gleichberechtigung des Arbeits- und Kraftbegriffes. Sitzber. d. Wien. Akad., Dezember 1873.

1874.

63. Zur Geschichte des Arbeitsbegriffes. Sitzber. d. Wien. Akad., 1874.
64. Versuche über den Gleichgewichtssinn. 2. Mitteilung. Sitzber. d. Wien. Akad., 1874, Bd. 69.
65. Physikalische Versuche über den Gleichgewichtssinn. 3. Mitteilung. Sitzber. d. Wien. Akad., 1874, Bd. 69.
66. MACH-J. KESSEL: Beiträge zur Topographie und Mechanik des Mittelohres. Sitzber. d. Wien. Akad., 1874, Bd. 69.

1875.

67. Zusammenstellung der für den Önologen wichtigsten Pilzformen. Ann. d. Önolog., 1875.
68. Mitteilung der landwirtschaftlichen Landesanstalt in St. Michel. Ann. d. Önolog., 1875. 1. Abhandlung.
69. MACH-MERTEN: Bemerkungen über die Änderungen der Lichtgeschwindigkeiten im Quarze durch Druck. Sitzber. d. Wien. Akad., 1875.
70. MACH-ROSICKY: Über eine neue Form der FRESNEL-ARAGOschen Interferenzversuche mit polarisiertem Licht. Sitzber. d. Wien. Akad., 1875.
71. MACH-WOSYHA: Über einige mechanische Wirkungen des elektrischen Funkens. Sitzber. d. Wien. Akad., 1875.
72. Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Engelmann, Leipzig 1875.

1876.

73. Der Zyklostat. Anz. d. Wien. Akad., 1876.
74. Mitteilungen der landwirtschaftlichen Landesanstalt in St. Michel. 2. Abhandlung. Ann. d. Önol. 1876.

1877.

75. MACH-SOMMER: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Explosionsschallwellen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1877.

1878.

76. MACH-TUMLIRZ-KÖGLER: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Funkenwellen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1878.
77. MACH-WELTRUBSKY: Über die Formen der Funkenwellen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1878.
78. Über den Verlauf der Funkenwellen in der Ebene und im Raume. Sitzber. d. Wien. Akad., 1878.

79. Neue Versuche zur Prüfung der DOPPLERschen Theorie der Ton- und Farbenänderung durch Bewegung. Sitzber. d. Wien. Akad., 1878.
80. MACH-GRUSS: Optische Untersuchungen der Funkenwellen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1878.

1879.

81. MACH-DOUBRAVA: Beobachtungen über die Unterschiede der beiden elektrischen Zustände. Sitzber. d. Wien. Akad., 1879.
82. MACH-SIMONIDES: Weitere Untersuchungen der Funkenwellen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1879.

1882.

83. Über Herrn A. GUÉBHARDS Darstellung der Äquipotentialkurven. Wiedemanns Ann., 1882, Bd. 17.
84. Über Herrn A. GUÉBHARDS Darstellung der Äquipotentialkurven. Wien. Akad., 1882, Bd. 86.
85. Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung. Alman. d. Wien. Akad., 1882, und in Nr. 120, XIII.

1883.

86. Über den physikalischen Unterricht in der Mittelschule. Vorlesungen. (Blieb mir unzugänglich, ebenso wie Nr. 86a.)
86a. Rede in der Versammlung der deutschen Realschulmänner. Dortmund, 16. April 1886 und Preßartikel pädagogischen Inhalts. (Die Zeit, Wien, Februar 1902).
87. Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch kritisch dargestellt. Brockhaus, Leipzig 1883. 5. Auflage 1904.
88. Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken. Rektoratsrede. Wien 1883 und Nr. 120, XIV.
89. Versuche und Bemerkungen über das Blitzableitersystem des Herrn MELSENS. Sitzber. d. Wien. Akad., 1883.

1884.

90. Über die Grundbegriffe der Elektrostatik. Lotos, Jahrbuch f. Naturwiss., Prag 1884.

1885.

91. Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis vom Physischen zum Psychischen. G. Fischer, Jena 1885. 5. Auflage 1906. (1. Auflage unter dem Titel: Beiträge zur . . .)

1886.

92. Zur Analyse der Tonempfindungen. Sitzber. d. Wien. Akad., Dezember 1885.

1887.

93. Über den Unterricht in der Wärmelehre. Zeitschr. f. phys. und chem. Unterricht. Berlin 1887, I.

94. MACH-SALCHER: Photographische Fixierung der durch Projektile in der Luft eingeleiteten Vorgänge. Sitzber. d. Wien. Akad., 1887, Bd. 95.
95. MACH-ODSTRČIL: Grundriß der Naturlehre für die unteren Klassen. Tempsky, Prag 1887. (Ausgabe für Gymnasien usw.)

1888.

96. Bemerkungen über die wissenschaftliche Anwendung der Photographie. Eders Jahrbuch f. Photogr., 1888.
97. Bemerkungen über die wissenschaftliche Anwendung der Photographie. The Monist. Abdruck in 120, X.
98. Zeitschr. f. phys. und chem. Unterricht, 1888, Heft 1.
99. Über Fortpflanzungsgeschwindigkeit des durch scharfe Schüsse erregten Schalles. Sitzber. d. Wien. Akad. 1. Abhandlung.

1889.

100. Über Fortpflanzungsgeschwindigkeit des durch scharfe Schüsse erregten Schalles. Sitzber. d. Wien. Akad. 1889.
101. MACH-SALCHER: Sitzber. d. Wien. Akad., 1889, Bd. 97.
102. MACH-SALCHER: Sitzber. d. Wien. Akad., 1889, Bd. 98.
103. MACH-SALCHER: Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche. Sitzber. d. Wien. Akad., 1889.

1890.

104. MACH-JAUMANN: Lehrbuch der Physik für Obergymnasien. Prag 1890.
105. MACH-HARBORDT-FISCHER: Lehrbuch der Physik für Gymnasien. Bd. 1, Unterstufe; Bd. 2, Oberstufe. Prag und Leipzig 1890.
106. MACH-LUDWIG MACH: Über die Interferenz von Schallwellen von großer Exkursion. Sitzber. d. Wien. Akad., 1890.
107. MACH-LUDWIG MACH: Über longitudinale fortschreitende Wellen im Glase. Sitzber. d. Wien. Akad., 1890.
108. MACH-LUDWIG MACH: Weitere ballistisch-photographische Versuche. Sitzber. d. Wien. Akad., 1890.
109. MACH-SALCHER: Wiedemanns Ann., 1890, Bd. 42.
110. Analysis of the sensations antimetaphysical.

1891.

111. Leitfaden der Physik. Prag 1891. 2. Auflage.
112. MACH-JAUMANN: Leitfaden der Physik für Studierende. Leipzig 1891.

1892.

113. Geschichte der Akustik. Mitteil. d. deutschen math. Ges. zu Prag, 1892 und Nr. 120, IV.
114. Geschichte und Kritik des CARNOTschen Wärmegesetzes. Sitzber. d. Wien. Akad., 1892.
115. Über die Ökonomie. The Monist, 1892.
116. Ergänzungen der Mitteilungen über Projektile. Sitzber. d. Wien. Akad., 1892.

1894.

117. Das Prinzip der Vergleichung in der Physik. Naturforscher- und Ärzteversammlung 1894, und Nr. 120, XV.

1895.

118. Über das Prinzip der Erhaltung der Energie. The Monist, Bd. 5, und in Nr. 120, XII.
119. Zur Analyse der Tonempfindungen. Sitzber. d. Wien. Akad., 1895, Bd. 92.

1896.

120. Populärwissenschaftliche Vorlesungen. Barth, Leipzig 1896. 3. vermehrte Auflage 1903.
121. Die Prinzipien der Wärmelehre historisch-kritisch entwickelt. Barth, Leipzig 1896. 2. vermehrte Auflage 1900.
122. On the stereoscopic application of Roentgen rays. The Monist, 1896.
123. Deutsch: Wiener elektrotechnische Zeitschrift, 1896.
124. MACH-SALCHER: Sitzber. d. Wien. Akad., 1896, Bd. 105.

1897.

125. Über Gedankenexperimente. Poskes Zeitschr. f. phys. und chem. Unterricht, 1897, Februarheft.

1898.

126. Bemerkungen über die historische Entwicklung der Optik. Poskes Zeitschr. f. phys. und chem. Unterricht, 1898, Bd. 11.
127. Sitzber. d. Wien. Akad., 1898, Bd. 106.

1901.

128. The Monist, Bd. 11. (Raum.)

1902.

129. Ähnlichkeit und Analogie als Leitmotive der Forschung. Ostwalds Ann. d. Naturphilos., 1898, Bd. 1.
130. The Monist. Juli. (Raum.)

1903.

131. The Monist, Bd. 14. (Raum.)

1904.

132. Festschrift, LUDWIG BOLTZMANN gewidmet (von 117 Autoren). Barth, Leipzig. Darin als 54. Abhandlung: Objektive Darstellung der Interferenz des polarisierten Lichtes.

1905.

133. Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung. Barth, Leipzig 1905. 2. Auflage 1908. Wir zitieren nach der 1. Auflage.
134. Mitarbeiterschaft an, JULIUS WIESNER, Jan Ingen Housz, 1905.

1906.

135. Leben und Erkennen. Die neue Gesellschaft, Berlin 1906.

1909.

136. Der physische und der psychische Anblick des Lebens. 1909. (Russisch.)
137. Nr. 47 neu herausgegeben, um Anmerkungen vermehrt.
138. Nr. 105 ganz umgearbeitet und vermehrt.

1910.

139. Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen. Scientia, intern. Zeitschr. f. wissenschaftl. Synthese. Leipzig, London, Paris, Bologna, 1910, Bd. 7, 4. Jahrg., Nr. 14, 2 und Physikal. Zeitschr., 1910.
140. Sinnliche Elemente und naturwissenschaftliche Begriffe. Festschrift für EWALD HERING.
141. Nr. 120 vermehrt um Nr. 135, 136, sowie u. a. um: Beschreibung und Erklärung. (Naturwissenschaftl. Rundsch. 21, Nr. 38.) Eine Betrachtung über Raum und Zeit. (Das Wissen für alle, 10, 3.)

1911.

142. Psychisches und organisches Leben. Österreich. Rundsch., 29, 1.

1912.

143. Nr. 87 umgearbeitet.

---

144. Vorworte zu den folgenden Werken:
   a) J. B. STALLO: Die Begriffe und Theorien der modernen Physik. Barth, Leipzig 1901. 2. Aufl. 1911.
   b) R. HOLZAPFEL: Panideal. Psychologie der sozialen Gefühle. Leipzig 1901. (Wohl nur aus Gefälligkeit; von MACH nirgends herangezogen.)
   c) FRANCESCHINI: Woher und wohin.
   d) EDUARD KULKE: Kritik der Philosophie des Schönen. Herausgegeben von F. S. Kraus, 1906.
   e) PIERRE DUHEM: Ziel und Struktur der physikalischen Theorien. Barth, Leipzig 1908.
   f) Ein Artikel in: Vom Lesen und von guten Büchern. Neue Blätter für Literatur und Kunst, Nr. 1. Hugo Heller, Wien 1907.
   g) Brief an TH. BEER; abgedruckt in dessen: Die Weltanschauung eines modernen Naturforschers. Reißner, Leipzig 1903. (Nachwort.)
   h) Erinnerungen einer Erzieherin. Braumüller, Wien 1912. 2. Auflage 1913.
   i) V. HUEBER: Die Organisierung der Intelligenz. 3. erweiterte Auflage. Barth, Leipzig 1910.

Ernst Mach.

Ernst Mach wurde am 18. Februar 1838 in Turas in Mähren geboren.

„Die Eltern waren beide ideal veranlagte, weltfremde Menschen. Der Vater, ein seinerzeit berühmter Pädagoge, wollte nie die Gelegenheit ergreifen, sich ein Vermögen zu erwerben. ‚Ich habe mein Leben lang das Geld immer mit Füßen von mir gestoßen,' sagte er oft. Die Mutter war eine Künstlernatur, der nur die Ausbildung fehlte. Sie war für Musik, Zeichnen und Poesie begabt. In der Einsamkeit des Landlebens wurden beide in ihren Ansichten, die so grundverschieden von denen der Welt waren, nur bestärkt. — Der Vater unterrichtete uns drei Geschwister selbst."

Mitte der zwanziger Jahre studierte der Vater in Prag, wo er auch Philosophie hörte und ein großes tierpsychologisches Interesse zeigte. Dann war er pädagogisch in Wien tätig und trat zu dem Botschafter Fürst Richard Metternich in persönliche Beziehungen. Sein Beruf zwang ihn, in der Nähe Wiens zu wohnen. Für die Landwirtschaft hatte er von jeher eine große Schwäche, und so siedelte er sich auf einem Landsitze in der weiteren Umgebung der Reichshauptstadt an. „Unser Haus," so erzählt Machs jüngste Schwester weiter, „stand in einem großen, herrlichen Garten, den mein Vater mit Vorliebe und Verständnis pflegte. Zur Zeit der Obstblüte oder zur Zeit der Rosenblüte schien mir dieser Ort ein Paradies." Die pädagogische Betätigung hat der Vater später aufgegeben und sich ganz der Bewirtschaftung seines Sitzes gewidmet. Weder das eine, noch das andere hatte ausgereicht, um die Familie vor allen Entbehrungen zu schützen; die Eltern lebten dabei jedoch in großer Zufriedenheit. Der Sommer brachte Besuch aus Wien; „auch der Winter hatte seine angenehmen

Stunden. Am Abend nach unserm frugalen Nachtmahl las der Vater vor".

Mittlerweile schlug die Revolution auch in Österreich Wellen: Wien hatte seine Märztage. Der Nationalitätenhader erhob sein Haupt. Ungarn stand unter der Führung KOSSUTHs auf; in Böhmen unterdrückte Fürst WINDISCH-GRAETZ einen slawischen Aufstand. RADETZKY besiegte bei Custozza die Armee KARL ALBERTs von Sardinien. In Wien hingegen herrschte das Volk. METTERNICH mußte gehen, der Kaiser floh nach Innsbruck. Als die Truppen nach Ungarn ausrückten, brach in Wien ein Aufstand los, doch stürmte Fürst WINDISCH-GRAETZ die Hauptstadt. MESSENHAUSER und ROBERT BLUM wurden erschossen, die Reaktion hatte gesiegt. Der Kaiser dankte zugunsten seines Neffen FRANZ JOSEPH ab; es folgte die Ära SCHWARZENBERG-STADION. Im Winter fand der Feldzug gegen die Ungarn statt, der mit russischer Hilfe endlich siegreich durchgeführt wurde.

Von alledem blieb MACHs Elternhaus nicht unberührt. Zuerst beherrschten die Studenten mit gewaltigen Kalabresern das Bild. Dann kam Einquartierung: ein italienisches Bataillon, das gegen seine Offiziere revoltieren wollte, das sich jedoch hernach vor Wiens Mauern wacker schlug. MACHs Eltern beherbergten den Leutnant SCHUSTER, der allein das Regiment zum Gehorsam brachte.

Eine andere Episode erzählt die Schwester: „Meine Mutter, eine schwache, nervöse Frau, brachte den größten Teil der Revolutionszeit mit uns Kindern allein auf dem Lande zu, da der Vater durch seinen Beruf in Wien festgehalten war. Wie die zarte Frau alle Aufregungen überstand und sich in allen Lagen zu helfen wußte, ist rätselhaft. So erzählte sie auch folgende Episode: Sie saß in der Abenddämmerung allein, als plötzlich ein zerlumpter Vagabund ins Zimmer trat. Erschrocken sprang sie auf, doch trat er mit flehender Gebärde näher, und sie erkannte einen Wiener Professor, einen Freund des Vaters, der als Revolutionsflüchtling aus Ungarn kam. Sie wies ihm ein Zimmer an, schickte eine alte vertraute Dienerin, die ihn reinigte, und am nächsten Morgen verließ er mit frischen Kleidern und Geld versehen das Haus."

Der Vater kannte diesen oder jenen Revolutionär, so den in

Arad gerichteten General Damianic und den geächteten Professor Bischof Horwath, wohl auch Görgey, allein er selbst scheint sich abseits der Wogen gehalten zu haben.

Dann kehrte die Armee aus Ungarn zurück und lagerte auf einem freien Platz vor Machs Elternhaus. So war die Jugend der Kinder reich an Erlebnissen.

1858 verkaufte Machs Vater den Besitz, blieb aber noch drei Jahre im selben Orte. Die ältere der Schwestern verheiratete sich.

Dann kaufte der Vater sich einen neuen Besitz in Statenegg bei Rudolfswert in Unterkrain. „Der Boden war fruchtbar, die Vegetation üppig; und dennoch kein Heil! Wenn der Saatenstand auf eine gute Ernte hoffen ließ, zogen sich dunkle Wolken zusammen und unter ohrenbetäubendem Geprassel entlud sich ein Hagelwetter, welches die Dachziegel und die Brettchen der Jalousien zerschlug, Bäume und Reben entblätterte, daß sie kahl wie im Winter dastanden. In den Furchen der Felder floß grünes Wasser, die anzuhoffende, nun gewesene Ernte. Reben und Obstbäume blühten und dufteten. Im Hochgebirge entlud sich ein Frühgewitter mit Schneefall, ein starkes Fallen des Thermometers, eine sternenhelle Nacht, und als am nächsten Morgen die Sonne zu wärmen begann, war die Blütenpracht schwarz, vom Reif verdorben. Waren diese Unfälle nicht eingetreten, hatte man eine Getreide-, Wein- und Obsternte, so konnte man nichts verkaufen. War man endlich so glücklich etwas abzusetzen, dann mußte man erst gerichtlich klagen, ehe die Zahlung erfolgte. Die Gegend war von allem Verkehr abgeschlossen, die nächste Bahnstation lag eine halbe Tagereise weit.

„Und die Bevölkerung! Unverläßlich, diebisch, betrunken, gewalttätig, ein auserlesenes Gesindel, welches es sehr übel nahm, wenn es in seinem verbrieften Recht, dem Diebstahl, gestört wurde. Nie konnte man darauf rechnen, Dienstleute oder Arbeiter gewiß zu haben. Sonntags war selbstverständlich alles betrunken. Stand ich Montag früh auf, so waren oft alle Diener davongelaufen. Ohne allen Grund, wenn ihnen nach ausgeschlafenem Rausch der Einfall kam — ich glaube, sie hatten alle einen Span im Kopfe — nahmen sie ihr Bündel unter den Arm und marschierten über die nahe Grenze."

„Von 4 Uhr morgens bis nach 10 Uhr abends in Tätigkeit, um alles zu übersehen, alles zu leiten, arbeiteten wir mit Anspannung aller Kräfte bis zur Erschöpfung, und das Resultat war 1000—1500 Gulden Defizit jährlich. Meines Vaters rastloser Geist heckte immer neue Pläne aus, von welchen er sich große Erfolge versprach, doch selbst, wenn diese sich — was manchmal geschah — verwirklichten, so war der Erfolg nur von kurzer Dauer, dann traten wieder Zufälle ein, die alles vernichteten. Während wir so zwischen Hoffnung und Verzagen schwankten, traf uns ein neuer Schlag. Meine Mutter erkrankte und starb. Für sie war das ein großes Glück, denn ihr Charakter war viel zu weich und zart, um dem Schicksal, dem wir entgegengingen, standzuhalten. Der Tod hat ihr viel Leid erspart. Mit ihrem Hinscheiden war der Geist und die Kraft meines Vaters gebrochen, und der größere und schwerere Teil der Aufgabe fiel mir zu . . . Trotz einzelner Episoden, welche eine Wendung zum Bessern hoffen ließen, trieben wir unaufhaltsam dem Untergange entgegen. Der Vater hatte nur mehr den Wunsch, das Grab der geliebten Frau nicht zu verlassen[1]."

Unter diesen Versuchen sich emporzuarbeiten, steht an erster Stelle die Züchtung der Yama May. 1862 wurde dieser Seidenspinner zum erstenmal aus Japan in Europa, und zwar nach Paris eingeführt, doch konnte er sich dort im Jardin des Plantes nicht halten. Trotz seiner Bemühungen gelang es MACHs Vater erst 1866 einiger Grains habhaft zu werden. Durch große Geschicklichkeit und eigene Behandlungsart brachte er es zum erstenmal in Europa zur gesunden Aufzucht im Freien; zum Schlusse bevölkerte er 17 Joch Eichenwald mit Raupen, so daß er viele Zentner Kokons erntete. Allein die wirtschaftliche Ungunst Österreichs hemmte ihn auch hier: die Seidenspinnereien zahlten nur 30 Kreuzer pro Kilo Kokons. Während in Japan der Bauer Kleider aus unverwüstlicher Yama May-Seide trägt, konnte er unter solchen Verhältnissen nicht einmal auf seine Kosten kommen. Er inserierte in der „Neuen Freien Presse" und lud Interessenten ein, die Seidenzucht im freien Eichwalde zu besichtigen. Viele kamen — unter anderem der Vertreter des preußischen Ackerbauministeriums,

[1]) Nr. 144 h.

das 1875 sogar Seide von ihm kaufte —, andere hielten es für Schwindel. Die fehlende industrielle Verwertung, technische Mängel und andere Schwierigkeiten machten das Geschäft unmöglich. Er versuchte es dann mit dem Morusspinner (Maulbeerseidenspinner). Seine Tochter führte es auf Schloß Luegg fort; aber echt österreichisch: mit dem Reingewinn konnte sie gerade die Steuern des Betriebes zahlen.

Von alledem ist nichts übrig geblieben als einige Museumsreliquien und ein Ehrenmal in BREHMs „Tierleben".

Der Vater folgte der Mutter 1879 nach. Die jüngste Schwester ERNST MACHs schlug sich wacker durchs Leben; ihre äußerst lesenswerten „Erinnerungen einer Erzieherin"[1]) führen uns mit feiner Beobachtungsgabe durch fast alle Teile der Donaumonarchie, und legen ein Zeugnis davon ab, aus welch kernigem und gesundem Holze die MACHs geschnitzt sind.

ERNST MACH, der einzige Sohn, kam etwa vier- bis fünfjährig nach Wien. Infolge seiner Studien war er natürlich meist von seinen Eltern getrennt. Wenn ich nicht in der Mitte meiner Familienschilderung abbrach, so war es, weil ich den Boden, dem seine Natur entsproß, zwar nur im Umriß, aber doch vollständig erzählen wollte. Mit einer solchen Vererbung, Umgebung und Vergangenheit wird man kein Sophist, kein logischer Haarspalter, kein Erkenntnistheoretiker, sondern ein Tatsachenmensch. Inmitten solcher Schicksale meditiert man nicht, ob die Welt wirklich existiere, sondern man sinnt, wenn auch vom Staate amtlich als Philosoph bestallt, wie man im einzelnen praktisch nützen könne. Alles ist ja nur für uns Menschen, an sich hingegen ist nichts.

Vieles findet man beim Vater angedeutet, was sich beim Sohne geistig zeigt: die Neigung zur Pädagogik — MACH schrieb Lehrbücher der Physik für alle Arten von Schulen und widmete sich dem Lehrfache —, den biologischen Grundzug und manches seiner neuen Methodenlehre. Doch werfen wir noch einen Blick auf MACHs geistige Entwicklung:

Die entwicklungstheoretischen Gesichtspunkte finden wir schon bei dem jungen MACH: 1854 lernte er auf dem Gymnasium

---

[1]) Nr. 144 h.

durch seinen Lehrer F. X. WESSELEY die Ideen LAMARCKs kennen und nahm die Gedanken DARWINs, die bekanntlich 1859 im Druck erschienen, rasch und wirksam in sich auf.

Über seine innere Entwicklung erzählt uns MACH folgendes: „Ich habe es stets als besonderes Glück empfunden, daß mir sehr früh (in einem Alter von 15 Jahren etwa) in der Bibliothek meines Vaters KANTs ‚Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik' in die Hand fielen. Diese Schrift hat damals einen gewaltigen unauslöschlichen Eindruck auf mich gemacht, den ich in gleicher Weise bei späterer philosophischer Lektüre nie mehr gefühlt habe. Etwa zwei oder drei Jahre später empfand ich plötzlich die müßige Rolle, welche das ‚Ding an sich' spielt. An einem heiteren Sommertage im Freien erschien mir einmal die Welt samt meinem Ich als eine zusammenhängende Masse von Empfindungen, nur im Ich stärker zusammenhängend. Obgleich sich die eigentliche Reflexion erst später hinzugesellte, so ist doch dieser Moment für meine ganze Anschauung bestimmend geworden. Übrigens habe ich noch einen langen und harten Kampf gekämpft, bevor ich imstande war, die gewonnene Ansicht auch in meinem Spezialgebiete festzuhalten. Man nimmt mit dem Wertvollen der physikalischen Lehren notwendig eine bedeutende Dosis falscher Metaphysik auf, welche von dem, was beibehalten werden muß, recht schwer losgeht, gerade dann, wenn diese Lehren geläufig geworden. Auch die überkommenen instinktiven Auffassungen traten zeitweilig mit großer Gewalt hervor und stellten sich hemmend in den Weg. Erst durch abwechselnde Beschäftigung mit Physik und Physiologie der Sinne, sowie durch historisch-physikalische Studien habe ich (etwa seit 1863), nachdem ich den Widerstreit in meinen Vorlesungen über Psychophysik[1]), noch durch eine physikalisch-psychologische Monadologie vergeblich zu lösen versucht hatte, in meinen Ansichten eine größere Festigkeit erlangt[2])."

Ausführlichere Angaben über seine Beziehungen zu Klassikern der Philosophie machte er im Jahre 1910: „Indem ich das ‚Ding an sich' instinktiv als müßige Illusion erkannte, kehrte ich auf den bei KANT latent enthaltenen BERKELEYschen Standpunkt

[1]) Nr. 6, S. 364.

[2]) Nr. 91, S. 24.

zurück. Die idealistische Stimmung vertrug sich aber schlecht mit physikalischen Studien. Die Qual wurde noch vergrößert durch die Bekanntschaft mit HERBARTs mathematischer Psychologie und mit FECHNERs Psychophysik, die Annehmbares und Unannehmbares in inniger Verbindung boten. Nach Beendigung der Universitätsstudien fehlten zum Unglück oder Glück die Mittel zu physikalischen Untersuchungen, wodurch ich zunächst auf das Gebiet der Sinnesphysiologie gedrängt wurde. Hier, wo ich meine Empfindungen, zugleich aber deren Bedingungen in der Umgebung beobachten konnte, gelangte ich, wie ich glaube, zu einer natürlichen, von spekulativ-metaphysischen Zutaten freien Weltauffassung. Die durch KANT eingepflanzte Abneigung gegen die Metaphysik, sowie die Analysen HERBARTs und FECHNERs führten mich auf einen dem HUMEschen naheliegenden Standpunkt zurück."

„Direkt bin ich von HUME, dessen Arbeiten ich gar nicht kannte, nicht beeinflußt worden, dagegen kann dessen jüngerer Zeitgenosse LICHTENBERG auf mich gewirkt haben. Wenigstens erinnere ich mich des starken Eindrucks, den sein ‚Es denkt'[1]) mir zurückgelassen hat. HUMEs ‚Untersuchungen über den menschlichen Verstand' lernte ich in der KIRCHMANNschen Übersetzung erst zu Ende der achtziger Jahre kennen, den viel wichtigeren ‚Treatise on human nature' gar erst 1907/08. Ich betrachte heute den metaphysikfreien Standpunkt als ein Produkt der allgemeinen Kulturentwicklung[2])."

Schließlich will ich eine Schilderung nicht für mich behalten, die MACH mir im Jahre 1910 schrieb: „Von der Philosophie meiner Jugendstudienzeit 1855—1865 war ich nicht sehr erbaut. Ich hatte auch nie die Absicht Philosophie zu treiben, sondern nur auf dem dem Naturforscher zugänglichen und vertrauten Gebiet Überlegungen anzustellen, welche ihm für seine Arbeit nütz-

[1]) Gemeint sind die Worte: „Wir werden uns gewisser Vorstellungen bewußt, die nicht von uns abhängen; andere, glauben wir wenigstens, hingen von uns ab; wo ist die Grenze? Wir erkennen nur allein die Existenz unserer Empfindungen, Vorstellungen und Gedanken. Es denkt, sollte man sagen, so wie man sagt: es blitzt. Zu sagen cogito ist schon zu viel, sobald man es durch Ich denke übersetzt. Das Ich anzunehmen, zu postulieren, ist praktisches Bedürfnis."

[2]) Nr. 139. S. 5.

lich werden könnten. Auf den Beifall der Philosophen rechnete ich hierbei nicht, wohl aber auf die Dankbarkeit der Naturforscher. Die Philosophen blieben auch überwiegend ablehnend, die Naturforscher fanden sich nur sehr langsam mit ihrer Anerkennung ein. In neuerer Zeit scheint den Naturforschern viel von dem selbstverständlich, was ich lange gegen eine scharfe Opposition aufrecht halten mußte."

MACH studierte Naturwissenschaften in Wien und habilitierte sich dort 1861 für Physik. 1864 wurde er Professor in Graz; 1867 folgte er einem Rufe an die deutsche Universität in Prag. Dort brach er 1879/80 als Rektor eine Lanze für das Deutschtum gegen die Tschechen[1]). 1895 erhielt er in Wien die Lehrkanzel für induktive Philosophie, die er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1901 inne hatte.

1901 wurde er zum Mitglied des österreichischen Herrenhauses ernannt. Der Akademie der Wissenschaften in Wien, der er eine große Zahl seiner Arbeiten vorlegte, gehörte er schon sehr früh an. Mit POSKE gab er die Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht heraus.

1898 erlitt MACH einen apoplektischen Anfall ohne Bewußtseinslähmung, der die rechte Seite intermittierend lähmte; MACH fügte sich ins Unvermeidliche und verwendete diese Krankheit zu psychologischen Studien. Seine Gesundheit besserte sich dann aber wieder, so daß er in geistiger Frische seinen Lebensabend verbringt, nicht ohne dann und wann sogar mit wissenschaftlichen Arbeiten wieder hervorzutreten. Seinen Wohnsitz hat er nach Haar bei München verlegt.

---

[1]) MACH wird von den russischen „Machisten" als reiner Slawe irrtümlich in Anspruch genommen (Skizzen zur realistischen Weltanschauung, 4. Aufl., von SUWOROW, BASAROW, BOGDANOW, LUNOTSCHARSKY u. a.; nicht übersetzt). BOGDANOW: Wandlungen einer Philosophenschule (nicht übersetzt). Ursprünglich Schüler von AVENARIUS zog das soziologische Moment diese Autoren zu MACH.

Philosophischer Teil.

Das 19. Jahrhundert hat eine Überfülle naturwissenschaftlicher Tatsachen zutage gefördert. Ständig hielten neue Sensationen geistiger Erfolge die staunende Welt in Atem, so daß man mit vollem Rechte vom naturwissenschaftlichen Zeitalter reden durfte. Nach dem Tode KANTs erstand die heutige Chemie, die bislang noch ohne Elemente und Formeln dahinvegetierte. LAPLACE führte die Mathematik im großen Stile in die Physik ein. Die Physik selbst erhielt eine neue Grundlage in den beiden Hauptsätzen; die Wärmetheorie wie die Elektrizitätslehre hielten ihren Siegeszug und schufen eine grandiose Technik. Eine ähnliche Revolution trug DARWIN dann in die Biologie, und gegen die Neige des Säkulums entwickelten sich die physikalische Chemie und die Psychologie zur bedeutungsvollen exakten Disziplin. Bei diesem eifrigen Forschen war weder die Zeit noch das Bedürfnis vorhanden, den eigenen Arbeitsplatz zu verlassen und die gefundenen Ergebnisse mit denen der Nachbarn theoretisch in Einklang zu bringen. Als aber das Tatsachenmaterial zu sehr anschwoll, wurde eine Zusammenfassung aus ökonomischen und methodischen Gründen unerläßlich, wollte man die Wirrnisse eines neuen Turmbaues von Babel vermeiden.

ERNST MACH hat am frühesten die Unannehmlichkeit empfunden, daß man damals mit jedem Spezialgebiet auch die allgemeinen Grundauffassungen ändern mußte. Dem abzuhelfen, widmete er die größte Kraft seines Lebens. Sein Programm läßt sich kurz charakterisieren: es ist ein Standpunkt zu finden, der sich für alle naturwissenschaftlichen Fächer als Grundlage eignet, und der auch die Voraussetzungen aller Sonderdisziplinen eint.

Bei seiner Reform lag ihm natürlich die Physik am nächsten.

Wir verdanken ihm die historisch-kritischen Darlegungen der Mechanik, der Wärmelehre, der Optik und Akustik sowie wesentlicher Spezialprobleme, vornehmlich der Masse, der Elektrizität und des Arbeitsbegriffes. Daran schloß sich eine Untersuchung der physikalischen Grundbegriffe an.

Diese Kritik der Physik zeitigte reiche Früchte: alle metaphysischen und überflüssigen Zutaten, die recht oft die Tatsachen überwucherten und verschleierten, waren entfernt und somit ein erträglicher philosophischer Standpunkt erreicht. Die herausgearbeiteten Entwicklungslinien und Abhängigkeiten deckten die individuellen Wege auf, auf denen die Tatsachen und Sätze von ihren Entdeckern einst gefunden wurden. Damit war nicht nur erzielt, was eine jede historisch-kritische Betrachtung bezweckt: eine sachliche Klärung, sondern der Erkenntnispsychologie wurde damit reicher Stoff geboten und nicht minder der Pädagogik. Denn anstatt die Schüler kalte und glatte Systeme einfach auswendig lernen zu lassen — womit man ganzen Generationen die Freude an der Natur verdarb —, konnte man sie nun auf dem Wege heranbilden, den die Kulturmenschheit auf ihrer Erobererbahn gezogen war. Wie die Natur entsprechend dem biogenetischen Gesetze bei der Bildung des menschlichen Körpers kurz alle Etappen wiederholt, die die Menschenentwicklung in Jahrtausenden überwinden mußte, so kann nun auch der Geist des Menschen den Erfinderweg erleben, ja er kann sich seinen individuellen Weg des Verständnisses unter den verschiedenen Zufahrtstraßen auswählen und braucht sich nicht das endliche Ergebnis in unpersönlicher Abrundung einpauken zu lassen. MACH selbst hat diese pädagogischen Linien in die Praxis umgesetzt, indem er Lehrbücher der Physik für verschiedene Stufen und Arten von Schulen verfaßte, die auch in den deutschsprechenden Ländern den Unterricht beherrschen[1]).

Mit den Fragen der Schulreform setzte er sich ebenfalls eingehend auseinander; seine Auffassung steht derjenigen von PAULSEN nahe[2]).

Die Physik erforscht dieselben Gegenstände wie die Psychologie und die Physiologie, nur ist jedesmal der Standpunkt

[1]) Nr. 9, 95, 104, 105, 111, 112, 138.

[2]) Nr. 86, 86a, 120.

der Betrachtung ein anderer. Die Kritik der Physik erforderte deshalb ein gleiches auf dem Gebiete der Psychologie wie der Physiologie. Auch diese Arbeit hat MACH geleistet. Die drei getrennten Wege, auf denen wir die Natur erforschen, hat er zu einer einheitlichen Betrachtung zusammengebogen, und das ist seine Philosophie. Er zerlegte die Welt in Elemente, die für die drei grundlegenden Fächer der Naturwissenschaften in gleicher Weise Bausteine abgeben.

Die Psychologie ihrerseits unterzog er dann wieder einer eingehenden Kritik und gab eine meisterhafte Zusammenfassung der Erkenntnispsychologie vom genetischen Standpunkte, die ihm auch in den Annalen der Psychologie ein ewiges Mal sichert.

Wie in der Physik, so lieferte er auch auf diesen Spezialgebieten zahlreiche Einzeluntersuchungen, deren bedeutendsten die Psychologie des Sehens, die Tonempfindungen, die Bewegungsempfindungen und den Gleichgewichtssinn zum Gegenstande haben.

Beiläufig sei erwähnt, daß MACH auch der Botanik sein Interesse zuwandte und ihr literarisch seinen Tribut zollte.

Über diese Arbeiten herrscht nur eine Stimme: die Reform ist ganz und überaus fruchtbar in die Zeitströmung eingegangen, nur der philosophische Teil stieß bei den Zunftgenossen auf einigen Widerstand.

Eine derartige Reform konnte natürlich nicht mit der alten Methodenlehre durchgeführt werden, und so sehen wir bei MACH eine neue erstehen, die sich den Tatsachen anpaßt. Dementsprechend sind seine Methoden nicht mehr auf die absolute Wahrheit abgestimmt, sondern auf die Fruchtbarkeit und den Erfolg, und das um so mehr, als MACH das gesamte Denken lediglich als ein darwinistisches Werkzeug, das ganze geistige Leben als einen Organismus auffaßt, der den DARWINschen Regeln unterworfen ist. MACHs Lehre mit alter (etwa erkenntnistheoretischer) Methodik widerlegen zu wollen, ist ein vertanes Spiel: es gleicht dem Versuche, ein Kind zu baden, ohne es naß zu machen.

Zunächst soll uns MACH als Philosoph beschäftigen, wenn man diesen Titel verwenden darf.

Aus allem Gesagten versteht man, daß MACH keine abstrakte

Verstandesphilosophie bieten will, sondern nur eine allgemeine naturwissenschaftliche Methode. Zerrt man sie auf das Prokrustesbett einer absoluten Philosophie, so wird etwas ganz anderes daraus; wie ja auch der Materialismus bei gewissen Spezialfragen die einzige Möglichkeit des Forschens ist, aber aus dem Bescheidenen auf das zu Weite einer absoluten Weltanschauung ausgedehnt sinnlos wird.

Wir verstehen darum, daß MACH den Titel eines Philosophen ablehnt: „Es gibt vor allem keine MACHsche Philosophie, sondern höchstens eine naturwissenschaftliche Methodologie und Erkenntnispsychologie, und beide sind, wie alle naturwissenschaftlichen Theorien, vorläufige, unvollkommene Versuche. Für eine Philosophie, die man mit Hilfe fremder Zutaten aus diesen konstruieren kann, bin ich nicht verantwortlich. Daß meine Ansichten mit den KANTschen Ergebnissen nicht stimmen können, mußte, bei der Verschiedenheit der Ansätze, die sogar einen gemeinsamen Boden für die Diskussion ausschließen, für jeden Kantianer und auch für mich von vornherein feststehen. Ist denn aber die KANTsche Philosophie die alleinige unfehlbare Philosophie, daß es ihr zusteht, die Spezialwissenschaften zu warnen, daß sie ja nicht auf eigenem Gebiet, auf eigenen Wegen zu leisten versuchen, was sie selbst vor mehr als hundert Jahren denselben zwar versprochen, aber nicht geleistet hat?" „Das Land des Transzendenten ist mir verschlossen. Und wenn ich noch das offene Bekenntnis hinzufüge, daß dessen Bewohner meine Wißbegierde gar nicht zu reizen vermögen, so kann man die weite Kluft ermessen, welche zwischen vielen Philosophen und mir besteht[1])."

MACH will auch keine grundsätzlich neue Philosophie aus der Wiege heben, sondern eine alte, abgestandene aus der Naturwissenschaft entfernen[2]). Deshalb ist seine Betrachtung nicht „bestimmt ein oder sieben oder neun Welträtsel zu lösen. Sie führt nur zur Beseitigung falscher, den Naturwissenschaftler störender Probleme und überläßt der positiven Forschung das Weitere. Wir bieten zunächst nur ein negatives Regulativ für die naturwissenschaftliche Forschung[3])."

---

[1]) Nr. 133, S. VII.
[2]) Nr. 133, S. VIII.
[3]) Nr. 133, S. 13.

Diese Kritik will beileibe kein absolutes System schaffen, sondern nur ein Ideal weisen. Denn da der Naturforscher „nicht in der glücklichen Lage ist, unerschütterliche Prinzipien zu besitzen, hat er sich gewöhnt, auch seine sichersten, bestgegründeten Ansichten und Grundsätze als provisorisch und durch neue Erfahrungen modifizierbar zu betrachten. In der Tat sind die größten Fortschritte und Entdeckungen nur durch dieses Verhalten ermöglicht worden[1])“.

1. Der Ausgangspunkt.

Mit irgend etwas muß man anfangen. Zwar glaubt die Erkenntnistheorie voraussetzungslos die Voraussetzungen aller Spezialwissenschaften prüfen zu können, aber auch sie hängt nicht absolut in den Lüften, sondern an empirischen Fäden. Sinnig charakterisierte das BOLTZMANN einmal: „Es war noch zur Zeit meiner Gymnasialstudien, als mich mein nun lange verstorbener Bruder oft vergeblich von der Widersinnigkeit meines Ideals einer Philosophie zu überzeugen suchte, welche jeden Begriff bei seiner Einführung klar definiert. Endlich gelang es ihm auf folgende Weise: In der Schulstunde war uns ein philosophisches Werk (ich glaube von HUME) als besonders konsequent gepriesen worden. Sofort verlangte ich dasselbe in Begleitung meines Bruders in der Bibliothek. Es war bloß im englischen Original vorhanden. Ich stutzte, da ich kein Wort englisch verstand; aber mein Bruder fiel sofort ein: wenn das Werk das leistet, was du davon erwartest, so kann auf die Sprache nichts ankommen, denn dann muß ja ohnehin jedes Wort, bevor es gebraucht wird, klar definiert werden[2]).“

Der Versuch MÜNCHHAUSENs, sich am eigenen Zopfe aus der Grube zu ziehen, hat nun allerdings keine Schule gemacht: zum mindesten mit der Erfahrung pflegt jedermann anzufangen. MACH seinerseits beginnt mit dem natürlichen Weltbild, wie es jeder ohne sein Zutun bei geistigem Erwachen in sich vor-

---

[1]) Nr. 133, S. 14.

[2]) L. BOLTZMANN, Über die Frage nach der objektiven Existenz der Vorgänge in der unbelebten Natur. Sitzber. d. Wiener Akad., Bd. 106, Abt. II, S. 83.

findet. Er beginnt also mit einer philosophischerseits künstlichen Naivität, allein diese begreift in sich „eine recht hohe Stufe des physikalischen, physiologischen und psychologischen Denkens [1])“. Der Sockel der MACHschen Weltanschauung darf darum weder philosophisch naiv, noch absolut und losgelöst genannt werden, sondern er ist auch ein Naturprodukt und somit anthropomorph und relativ. Für MACH ist schlechterdings alles Natur, und so behalten DARWINs Grundsätze überall Geltung; auch das Denken ist ein Organismus, der sich höher entwickelt und sich den Tatsachen anpaßt.

Man verwechsele diese Stellung nicht mit derjenigen SPENCERs, der ja ebenfalls den Entwicklungsgedanken für sich in Anspruch nimmt. Allein er beginnt mit dem erkenntnistheoretisch Gegebenen, dem er das Unerkennbare gegenüberstellt; der Entwicklungsgedanke wird daraus erst (auf nicht einwandfreie Weise) deduziert. MACH dagegen sagt: Die Natur ist nur einmal da; sie erzeugt nicht erst in mir als Naturprodukt die Anschauungen, und dann erzeuge ich sie nachher noch einmal. Die Natur und alles in ihr ist ein Werden, das nicht durch ein starres Sein verdoppelt werden darf.

Weil MACH mit dem natürlichen Weltbild beginnt, ist er oft als Positivist angesprochen worden, mit Unrecht: denn der Positivismus vernachlässigt die psychologischen Tatsachen auf Kosten der physikalischen und läßt den durchgehenden Entwicklungsgedanken vermissen.

Auch HERAKLITs Lehre vom ewigen Fluß hat man mit MACHs Ansichten identifizieren wollen, allein man übersah dabei, daß HERAKLIT erkenntnistheoretische Bestimmungen trifft, was MACH grundsätzlich vermeidet. MACH erhält vielmehr seine breite Grundlage, indem er „den Anregungen der DARWINschen Theorie folgend, das ganze psychische Leben — die Wissenschaft eingeschlossen — als biologische Erscheinung auffaßt, die DARWINschen Vorstellungen vom Kampf ums Dasein, von der Entwicklung und Auslese auf dieselbe anwendet. Diese Ansicht ist untrennbar von der Annahme, daß alles und jedes Psychische physisch fundiert, bestimmt sei [2]).“ Das

[1]) Nr. 133, S. 14f.
[2]) Nr. 91, S. 41.

natürliche Weltbild, das Werden ist keine erkenntnistheoretische Behauptung. An logischem Werte steht es auf gleicher Stufe mit den Axiomen, die EUKLID vorausschickt, oder den MAXWELL-HERTZschen Grundgleichungen, die mit definitiver Kraft einfach aufgestellt werden. Wer das Weltbild, die Axiome, die Grundgleichungen nicht anerkennt, den kann man nicht zwingen. Für ihn existiert weder die Geometrie noch die Physik und die MACHsche Philosophie, und solche Leute gibt es ja.

Der Erkenntnistheoretiker hingegen beginnt mit den Bewußtseinsgrößen, die ihm logisch unmittelbar und absolut gegeben sind; die fremden Ich wie die Außenwelt sind darin nicht enthalten. Er erstrebt nur absolute Gültigkeiten und Tatsachen, erreichte aber in hundert Jahren nichts, da er trotz der erweiternden Urteile a priori nicht über seinen Anfangszirkel hinausgelangte. An anderem Orte[1]) habe ich dargelegt, daß die Erkenntnistheorie ein hölzernes Eisen ist. Jedenfalls kann die Naturwissenschaft nicht nochmals hundert Jahre warten, ob die Erkenntnistheorie dann in ihrer Aufgabe, die einzelwissenschaftlichen Voraussetzungen zu prüfen, glücklicher gewesen ist. Bis dahin wird sie den Naturforscher nicht abhalten können im eigenen Hause selbst diese Arbeit zu leisten. Wie STIRNERs Lehre vom Einzigen und seinem Eigentume gegenüber den moralischen, gesellschaftlichen und sozialen Tatsachen versagt, so steril sind die erkenntnistheoretischen Ergebnisse für die exakten Wissenschaften.

Analysieren wir unser natürliches Weltbild, das o h n e u n s e r Z u t u n in uns sich bildete, so finden wir: „Ich finde m i c h im Raume umgeben von verschiedenen in demselben beweglichen Körpern. Diese Körper sind teils ‚leblos‘, teils Pflanzen, Tiere und Menschen. M e i n im Raume ebenfalls beweglicher L e i b ist für mich ebenso ein sichtbares, tastbares, überhaupt sinnliches Objekt, welches einen Teil des sinnlichen Raumes einnimmt, n e b e n und a u ß e r den übrigen Körpern sich befindet, wie diese selbst. M e i n Leib unterscheidet sich von den Leibern der übrigen Menschen nebst individuellen Merkmalen dadurch, daß sich bei Berührung desselben eigentümliche Empfindungen

[1]) HANS HENNING, Irrgarten der Erkenntnistheorie. Straßburg 1912.

einstellen, die ich bei Berührung anderer Leiber nicht beobachte. Analoges gilt in bezug auf die übrigen Sinne[1].“ „Ich finde ferner Erinnerungen, Hoffnungen, Befürchtungen, Triebe, Wünsche, Willen usw. vor. An diesen Willen knüpfen sich aber Bewegungen des einen bestimmten Leibes, der sich dadurch als mein Leib auszeichnet. Bei Beobachtung des Verhaltens der übrigen Menschenleiber zwingt mich nebst dem praktischen Bedürfnis eine starke Analogie, der ich nicht widerstehen kann, auch gegen meine Absicht, Erinnerungen, Hoffnungen, Befürchtungen, Triebe, Wünsche, Willen, ähnlich den mit meinem Leib zusammenhängenden, auch an die anderen Menschen- und Tierleiber gebunden zu denken[2].“ Endlich: „Die Befunde im Raume, in meiner Umgebung hängen voneinander ab[3].“ Dabei übt mein Leib einen wesentlichen Einfluß. „Dies gilt mutatis mutandis von den Befunden eines jeden[4].“

Diese Tatsachen fand man bisher bei jedem gesunden Menschen vor, sie gelten deshalb als normal. Ohne erkenntnistheoretische Theorie sein zu wollen, sind sie, wie der Erfolg zeigte, kräftig genug, das Folgende zu tragen.

2. Die Elementenlehre.

Auf zwei Wegen erreicht der Naturforscher eine zusammenfassende Einheit. Erstens kann die Einheit im Stoffe liegen; alle Spezialarbeiten dienen zur Aufklärung eines großen Kapitels. Beispiele dafür sind ROBERT KOCH, EMIL FISCHER. Es kann aber auch der Fall sein, daß die Untersuchungen eines Forschers scheinbar zusammenhanglos über weite Gebiete zerstreut sind. Die Vertreter dieser Klasse pflegen den Drang nach Einheit auf methodischem oder philosophischem Gebiete zu befriedigen. Hierher wären WILHELM OSTWALD und ERNST MACH zu zählen.

MACH beschäftigte sich von Anfang an sowohl mit physikalischen als auch mit psychologischen und physiologischen Problemen; er suchte deshalb einen Standpunkt, den er nicht

---

[1]) Nr. 133, S. 5.
[2]) Nr. 133, S. 6.
[3]) Nr. 133, S. 7f.
[4]) Nr. 133, S. 7f.

verlassen mußte, wenn er von der Physik in die Psychologie und Physiologie hinübergehen und dort dasselbe Problem unter anderem Gesichtspunkt lösen wollte. Das Ergebnis war seine Elementenlehre.

Bei der Analyse des natürlichen Weltbildes ergeben sich letzte Elemente. Diese stellen sich dar als eine Beziehung zwischen Leib, Seele und Außenwelt. Keinen der drei Bestandteile darf man fortlassen, ohne das Bild zu zerstören. Betrachte ich einen Gegenstand in Beziehung zu einem anderen, so gehe ich physikalisch vor; prüfe ich seine Abhängigkeit von meiner Netzhaut, so gehört die Fragestellung ins Gebiet der Physiologie; verfolge ich aber die Wirkung desselben Gegenstandes auf mich, so wird er Objekt der Psychologie. Darum nennt MACH das Element auch Empfindung. Diese Empfindung als Funktion scheidet er jedoch scharf von der psychologischen Größe „Empfindung", wie sie im Spezialbetriebe der Psychologie üblich ist; das geht hinreichend aus dem Kapitel „Empfindung, Anschauung, Phantasie" in seinem Buche „Erkenntnis und Irrtum" hervor. MACHs Gegner identifizierten irrtümlich beide, wonach sich MACH dann als erkenntnistheoretischer Sensualist oder als Positivist darstellte. Irrtümlich, denn er gibt ein für allemal die Definition: „Wo in dem Folgenden neben oder für die Ausdrücke ‚Element', ‚Elementenkomplex' die Bezeichnungen ‚Empfindung', ‚Empfindungskomplex' gebraucht werden, muß man gegenwärtig halten, daß die Elemente nur in der bezeichneten Verbindung und Beziehung, in der bezeichneten funktionalen Abhängigkeit Empfindungen sind. Sie sind in anderer funktionaler Beziehung zugleich physikalische Objekte. Die Nebenbezeichnung der Elemente als Empfindungen wird bloß deshalb verwendet, weil den meisten Menschen die gemeinten Elemente eben als Empfindungen (Farben, Töne, Drücke, Räume, Zeiten usw.) viel geläufiger sind, während nach der verbreiteten Auffassung die Massenteilchen als physikalische Elemente gelten, an welchen die Elemente in dem hier gebrauchten Sinne als ‚Eigenschaften', ‚Wirkungen' haften [1])."

---

[1]) Nr. 91, S. 13.

Die Wissenschaft hat diesen Zusammenhang „zunächst einfach anzuerkennen, und sich in demselben zu orientieren, anstatt die Existenz desselben sofort erklären zu wollen“ [1]).

Element oder Empfindung ist also nicht eine Empfindung an sich, wie etwa die Empfindung des Blauen, des Warmen, sondern eine Funktion. Ein Element, das sich auf einen psychologischen Tatbestand erstreckt, ist also nur insofern mit einem Elemente identisch, das sich auf eine physikalische Tatsache bezieht, indem beide Funktionen derselben Art sind. Das physikalische Objekt wird also nicht, wie fast alle Gegner annahmen, sensualistisch (im erkenntnistheoretischen Sinne) gefaßt und einem psychischen Bewußtseinsakt gleichgesetzt. Die Identität liegt nicht in sensualistischer Gleichartigkeit, sondern in funktionaler.

Darum darf MACH auch BERKELEY ablehnen: „BERKELEY sieht die Elemente als durch etwas außer denselben Liegendes, Unbekanntes (Gott) bedingt an, während die hier vertretene Anschauung mit einer Abhängigkeit der Elemente voneinander praktisch und theoretisch das Auskommen zu finden glaubt [2]).“

Verfolgen wir die Fäden von BERKELEY weiter, so gelangen wir zu JOHN STUART MILL und LAAS. Bei ihnen ist die Möglichkeit, auf fundamental neue Tatsachen zu stoßen, stark unterschätzt, andererseits aber wird das logische Schematisieren des alten bekannten Wissens auf Kosten des unbekannten überschätzt [3]). Beide suchen dem Sensualismus zu entrinnen durch ihre „permanenten Möglichkeiten der Empfindung“. Von dieser Position aus wandte die Kritik gegen MACH ein, wie er selbst anführt: „Die Außenwelt sei als eine Summe von Empfindungen nicht genügend erfaßt, man müsse zu den wirklichen Empfindungen mindestens noch die Empfindungsmöglichkeiten MILLS einführen. Dagegen muß ich bemerken, daß auch für mich die Welt keine bloße Summe von Empfindungen ist. Vielmehr spreche ich ausdrücklich von Funktionalbeziehungen der Elemente. Damit sind aber die MILLschen Möglichkeiten nicht

---

[1]) Nr. 91, S. 11.
[2]) Nr. 91, S. 295.
[3]) Nr. 133, S. 245.

nur überflüssig geworden, sondern durch etwas weit Solideres, den mathematischen Funktionsbegriff ersetzt[1])."

Dagegen betont MACH eine Berührung mit SPINOZA. Von COMTE entfernt er sich dadurch, daß ihm die psychologischen Tatsachen als ebenso wichtige Erkenntnisquellen erscheinen als die physikalischen[2]). „Die wunderlichen monströsen Theorien des ‚Okkasionalismus' und der ‚prästabilierten Harmonie' im Sinne von LEIBNIZ" lehnt MACH als den Tatsachen nicht entsprechend ab[3]). HERBARTs Empfindungen an sich billigt er, doch verwirft er dessen Behauptung, das Ich sei etwas Einfaches[4]), auch HERBARTs Raumauffassung kann er nicht beitreten[5]). Ebenso lehnt er FECHNERs Standpunkt, das Physische und das Psychische seien nur zwei Seiten ein und desselben Zugrundeliegenden, ab[6]); auch ist ihm das FECHNERsche psychophysische Gesetz nicht etwas Fundamentales, sondern etwas Erklärbares[7]).

Wenn zwischen HUME und MACH auch Unterschiede bestehen, so ist der Ausgangspunkt doch derselbe[8]). Ein Erkenntniskritiker im Sinne HUMEs ist MACH damit aber noch nicht, weil er in die Erkenntnislehre den Funktionalbegriff einführt. Das ist etwas grundsätzlich Neues, das die Brücken zu allen früheren Autoren abbricht. Er selbst gelangte auch zu seinen Ergebnissen, ohne die Bekanntschaft mit den Werken HUMEs gemacht zu haben.

Was leisten nun die Elemente?

Physische und psychische Elemente als Funktion sind identisch: „Wir haben hier die Elemente der realen Welt und die Elemente des Ich zugleich vor uns. Was uns allein noch weiter interessieren kann, ist die funktionale Abhängigkeit (im mathematischen Sinne) dieser Elemente voneinander[9])."

---

[1]) Nr. 91, S. 296.
[2]) Nr. 91, S. 38.
[3]) Nr. 133, S. 6f.
[4]) Nr. 133, S. 453.
[5]) Nr. 133, S. 439.
[6]) Nr. 91, S. 50.
[7]) Nr. 91, S. 67.
[8]) Nr. 121, S. 433—435.
[9]) Nr. 133, S. 10.

MACH führt damit in die allgemeine philosophische Erkenntnis das ein, was die Physik in ihrem Gebiete längst besitzt. Die Gravitation NEWTONs z. B. ist auch nur eine funktionale Beschreibung der Erscheinung; es wird nur nach dem Wie, nicht nach dem Was gefragt. Das Wesen der Gravitation ist auch für NEWTON rätselhaft. Das Wesen, das An-sich-sein einer Erscheinung jenseits der beschreibenden Physik prüfen zu wollen, weiter noch ein Wort durch ein Wort erklären zu wollen, das ist absurd[1]). Die Naturkenntnisse, sagt auch KANT, sind nur so weit Wissenschaft, als sie sich durch Mathematik ausdrücken lassen. In die Mathematik geht aber nur die Beschreibung, das Wie ein.

Die Analyse des Weltbildes, um es zusammenzufassen, ergibt folgendes: „Meine physischen Befunde kann ich in derzeit nicht weiter zerlegbare Elemente auflösen: Farben, Töne, Drücke, Wärmen, Räume, Zeiten usw. Diese Elemente zeigen sich sowohl von außerhalb U[2]), als von innerhalb U liegenden Umständen abhängig. Insofern und nur insofern letzteres der Fall ist, nennen wir diese Elemente auch Empfindungen. Da mir die Empfindungen der Nachbarn[3]) ebensowenig unmittelbar gegeben sind, als ihnen die meinigen, so bin ich berechtigt, dieselben Elemente, in welche ich das Physische aufgelöst habe, auch als Elemente des Psychischen anzusehen[4]).“ „Das Physische und das Psychische enthält[5]) also gemeinsame Elemente, steht also keineswegs in dem angenommenen schroffen Gegensatze. Dies wird noch klarer, wenn sich zeigen läßt, daß Erinnerungen, Vorstellungen, Gefühle, Willen, Begriffe sich aus zurückgelassenen Spuren von Empfindungen aufbauen[6]),

---

[1]) Die Scholastik befaßte sich noch damit. Bekannt ist das Beispiel: Demandabo causam et rationem quare Opium facit dormire? Quia est in eo virtus dormitiva, cuius est natura sensus assupire.

[2]) Dabei ist U die räumliche Umgrenzung meines Leibes.

[3]) „Nachbarn“ ist kein willkürliches Verlassen der erkenntnistheoretischen Terminologie „fremdes Ich“, wie die Gegner annahmen, vielmehr ist hier gar nichts Erkenntnistheoretisches gemeint, sondern das natürliche Verhältnis.

[4]) Nr. 133, S. 8f.

[5]) MACH sagt: „enthält“ und meidet geflissentlich die erkenntnistheoretische Benennung: „sind“.

[6]) „Aufbauen“ ist genetisch und erkenntnispsychologisch, keineswegs aber erkenntnistheoretisch zu verstehen.

mit letzteren also keineswegs unvergleichbar sind. Wenn ich nun die Gesamtheit meines Psychischen — die Empfindungen eingerechnet — mein Ich im weitesten Sinne nenne (im Gegensatz zum engeren Ich[1]), so kann ich ja in diesem Sinne sagen, daß mein Ich die Welt eingeschlossen (als Empfindung und Vorstellung) enthalte[2]). Allein die Grenze, die MACH U nannte, bleibt bei diesem Solipsismus bestehen, sie geht durch das erweiterte Ich mitten hindurch. Natürlich ist das keine haltbare philosophische Stellung, da wir ohne Beachtung der Grenze sowie der Analogie unseres Ich mit den fremden Ich gar nicht zu ihr gelangt wären[3]). „Wer also sagt, daß die Grenzen des Ich für die Erkenntnis unüberschreitbar seien, meint das erweiterte Ich, welches die Anerkennung der Welt und der fremden Ich schon enthält[4]).“

MACH leugnet, daß wir mit absoluten Begriffen eine Welt aufbauen können, vielmehr sind wir nur imstande das gegebene Weltbild zu analysieren; an unseren Begriffen können wir nicht heraufklettern, sondern die Analyse ist das einzig Mögliche[5]). MACHs Philosophie stellt sich also dar als eine analytische Reihe, an deren Anfang sich das natürliche Weltbild befindet, und dessen offenes Ende die funktionalen Elemente bilden. Diese sind nichts Fertiges, ebensowenig wie die Elemente der Alchimie oder der heutigen Chemie[6]), sondern in Zukunft kann die Forschung sie weiter vereinfachen und damit das offene Ende der analytischen Reihe weiter hinausschieben: „Die Komplexe zerfallen in Elemente, d. h. in letzte Bestandteile, die wir bisher nicht weiter zerlegen konnten. Die Natur dieser Elemente bleibe dahingestellt, dieselbe kann durch künftige Untersuchungen weiter aufgeklärt werden[7]).“

Die Einwendungen, die man dagegen anführen kann, erhebt MACH nun gegen sich selbst: „Wenn die Welt durch Abstrak-

[1]) Engeres Ich ist „die Gesamtheit des nur ‚einem‘ umittelbar Gegebenen“.

[2]) Nr. 133, S. 9.

[3]) Nr. 133, S. 9.

[4]) Nr. 133, S. 9.

[5]) Nr. 120, S. 237.

[6]) Nr. 133, S. 12.

[7]) Nr. 91, S. 4.

tionen zersägt und zerschnitten ist, so erscheinen diese Teilstücke so luftig und so wenig massig, daß Zweifel auftreten, ob sich die Welt aus denselben wieder zusammenleimen lassen wird. Man fragt auch wohl gelegentlich humoristisch-ironisch, ob so eine Empfindung oder Vorstellung, die keinem Ich angehört, allein in der Welt spazieren gehen könnte? So waren ja auch die Mathematiker, nachdem sie die Welt in Differentiale zerteilt hatten, ein wenig in Angst, ob sie die Welt aus solchen Nichtsen wieder ohne Schaden würden zusammenintegrieren können. Ich möchte auf obige Frage antworten: Gewiß wird eine Empfindung nur in einem Komplex auftreten, daß dieser aber immer ein volles, waches, menschliches Ich sei — es gibt ja auch Traumbewußtsein, ein hypnotisches, ein ekstatisches, ein tierisches Bewußtsein verschiedener Grade — möchte ich in Zweifel ziehen... es existiert nichts isoliert. Die Empfindung, kann man in des Zynikers DEMONAX Redeweise sagen, existiert so wenig allein, als irgend etwas anderes [1]).“

Noch einen anderen Einwand nimmt MACH vorweg: „Manchen Lesern erscheint die Welt in meiner Auffassung als ein Chaos, ein unentwirrbares Gewebe von Elementen. Sie vermissen die leitenden einheitlichen Gesichtspunkte. Dies beruht aber auf einem Verkennen der Aufgabe meiner Schrift. Alle wertvollen Gesichtspunkte der Spezialwissenschaften und der philosophischen Weltbetrachtung bleiben weiter verwendbar und werden auch von mir verwendet. Die scheinbar destruktive Tendenz ist lediglich gegen überflüssige und deshalb irreführende Zutaten gerichtet [2]).“

Zum Schlusse wollen wir MACH eine Zukunftsperspektive zeichnen lassen: „Mit welchen Begriffen wir die Welt umfassen werden, wenn der geschlossene Ring der physikalischen und psychologischen Tatsachen vor uns liegen wird, von dem wir gegenwärtig nur zwei getrennte Stücke sehen, läßt sich zu Anfang der Arbeit natürlich nicht sagen. Die Männer werden sich finden, die das Recht erkennen und den Mut haben werden, statt die verschlungenen Pfade des logischen historischen Zerfalls

---

[1]) Nr. 131, S. 452.
[2]) Nr. 91, S. 297 f.

nachzuwandeln, die geraden Wege zu den Höhen einzuschlagen, von welchen aus der ganze Strom der Tatsachen sich überschauen läßt. Ob dann der Begriff, den wir heute Materie nennen, über den gewöhnlichen Hausgebrauch hinaus noch eine wissenschaftliche Bedeutung haben wird, wissen wir nicht. Gewiß wird man sich aber wundern, wie uns Farben und Töne, die uns doch am nächsten liegen, in unserer physikalischen Welt von Atomen plötzlich abhanden kommen konnten, daß das, was da draußen so trocken klappert und pocht, drinnen im Kopfe leuchtet und singt, wie wir fragen konnten, wieso die Materie empfinden kann, d. h. also wieso ein Gedankensymbol für eine Gruppe von Empfindungen empfindet[1])."

Man suche also hinter dem Element nichts anderes als eine Funktion[2]), hinter dem Komplex nur eine RIEMANNsche Mannigfaltigkeit.

3. Das Ich.

KANT sagt einmal, es scheine, als ob wir im Bewußtsein unserer selbst durch unmittelbare Anschauung etwas Substantiales und Beharrliches haben. Das wäre also das absolute Subjekt oder, wie RICKERT sagt, das erkenntnistheoretische Subjekt. Allein dem ist nicht so, meint KANT weiter, denn die Bestimmungen sind gänzlich leer und ohne alle Folgen; die Beharrlichkeit muß deshalb erst bewiesen werden. Ich führe das an, weil gerade die Kantianer MACH vorwarfen, bei dem ewigen Fluß, den er lehre, könne er überhaupt nichts feststellen. KANT fährt fort: der Nachweis der Beharrlichkeit der Seele als Substantialität ist nur zum Behuf möglicher Erfahrung, nicht von ihr als einem Ding an sich durchführbar[3]).

KANTs Beweis[4]) stützt sich auf eine absolute Zeitauffassung,

[1]) Nr. 120, S. 241 f.

[2]) FREGE (Was ist eine Funktion? BOLTZMANN-Festschrift, 83. Abhandlung) bezeichnet nicht die abhängig Veränderliche, sondern die Art der Abhängigkeit selbst als Funktion. Diese Auffassung entspricht derjenigen MACHS noch besser als die ältere Formulierung.

[3]) KANT, Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik. § 46—49.

[4]) KANT, Kritik der reinen Vernunft. 1. Aufl., S. 182 ff.; 2. Aufl., S. 244 ff. — Vgl. auch ebenda: „Die Widerlegung des MENDELSSOHNschen Beweises der Beharrlichkeit der Seele."

die man — und MACH zuallererst — mißbilligen muß, ferner auf den apriorischen Grundsatz von der Beharrlichkeit der Substanz. Als naturwissenschaftlicher Satz, also als Satz von der Erhaltung der Masse ist er bei KANT falsch formuliert, auch sein Beispiel (Verbrennung) stimmt nicht. Man wird ihm das den damaligen chemischen Kenntnissen entsprechend nicht übelnehmen. Heute aber ist jede Folgerung daraus auf die Seele, auch wenn sie philosophisch noch so sehr verbrämt wird, unbedingt abzulehnen. Der Erhaltungssatz der Masse ist auch nicht a priori gültig, sondern er besitzt nur eine praktische spezialwissenschaftliche Gültigkeit, weil die tatsächlichen Abweichungen, wie LANDOLT[1]) in überaus subtilen Messungen nachwies, die Versuchsfehler nicht wesentlich überschreiten. Unerkennbare „Substrate" — mehr als ein leeres Wort ist das nicht — können die Situation auch nicht retten. Trotzdem will KANT das absolute Bewußtsein des Ich, das allen Inhaltes bar ist, als „Form" oder absolute Setzung, als Träger der Eigenschaften beibehalten. Das ist eine überflüssige und irreführende Zutat, die MACH ausmerzt.

MACH definiert nämlich folgendermaßen: Das Ich ist eine ideelle denkökonomische Einheit von lediglich praktischer Bedeutung. Dabei hängen die Bewußtseinselemente eines Individuums untereinander stark, mit denen fremder schwach zusammen; das Ich ist daher keine scharf begrenzte Einheit. An diese Definition hat man sich zu halten.

Wir sind außerdem bereits zwei Ichbegriffen bei MACH begegnet, die aber nur als historische und genetische Stufen zur sachlichen Orientierung und allgemeinen Umschau, nicht als letztes Ergebnis der MACHschen Philosophie entwickelt werden. Sie lauten:

1. „Die Gesamtheit des nur einem unmittelbar Gegebenen (engeres Ich)."

2. „Die Gesamtheit meines Psychischen — die Empfindungen eingerechnet — (Ich im weitesten Sinne)". Das wäre der Solipsismus.

An einer einzigen Stelle redet MACH ferner in übertragenem

---

[1]) H. LANDOLT, Über die Erhaltung der Masse bei chemischen Umsetzungen. Berlin 1910. Akademie der Wissenschaften. Ebenda weitere Literatur.

Sinne, daß gewisse Ideen von Erfindern, Künstlern, Forschern, Sozialreformatoren usw. nach ihrem Tode ein unpersönliches, überpersönliches Leben führen[1]). Die Kritik hat ihn daraufhin als Metaphysiker festgenagelt. Will man ihm diese poetische Lizenz nicht gestatten, so muß man sich doch bewußt bleiben, damit nicht MACHs philosophischen Kern, sondern eine vereinzelte Entgleisung widerlegt zu haben. MACH wird die Stelle gewiß präzisieren[2]).

Das engere Ich entspricht dem natürlichen Weltbild nicht, auch das weitere solipsistische Ich lehnt MACH ab, und zwar ebenso wie die Fachphilosophie aus praktischen Gründen: „Professor X, welcher theoretisch Solipsist zu sein glaubt, ist es praktisch gewiß nicht, sobald er dem Minister für einen erhaltenen Orden dankt oder seinem Auditorium eine Vorlesung hält[3]).“

Die ausschließliche Bedeutung des Ich bei MACH ist die als ideelle denkökonomische Einheit, als Komplex der Empfindungen, die wir aus praktischen Gründen „Ich“ nennen: „Die Komplexe von Farben, Tönen usw., welche man gewöhnlich Körper nennt, bezeichnen wir der Deutlichkeit wegen mit ABC..., den Komplex, der unser Leib heißt, und der ein durch Besonderheiten ausgezeichneter Teil der ersteren ist, nennen wir KLM...; den Komplex von Willen, Erinnerungsbildern usw. stellen wir durch $\alpha\beta\gamma$... dar. Gewöhnlich wird nun der Komplex $\alpha\beta\gamma$... KLM... als Ich dem Komplex ABC... als Körperwelt gegenübergestellt; zuweilen wird auch $\alpha\beta\gamma$... als Ich, KLM... ABC... als Körperwelt zusammengefaßt. Zunächst erscheint ABC... als unabhängig vom Ich und diesem selbständig gegenüberstehend[4]).“ Diese Unabhängigkeit ist jedoch nur relativ: „Genau genommen zeigt sich aber, daß ABC... immer durch KLM... mitbestimmt ist. Ein Würfel wird, wenn er nahe, groß, wenn er fern, klein, mit dem rechten Auge anders

[1]) Nr. 91, S. 19f.

[2]) Im selben Sinne wurden mißverstanden die Stellen: Nr. 91, S. 20, „unrettbar“ und „individuelle Unsterblichkeit“; S. 290 letzte Zeile bis 291 die ersten beiden Zeilen „nichts zu achten“ und „aufzulösen“. MACH wird diese Stellen gewiß ändern.

[3]) Nr. 91, S. 30.

[4]) Nr. 91, S. 7.

als mit dem linken, gelegentlich doppelt, bei geschlossenen Augen gar nicht gesehen [1]).“ Alles, was man sagen kann, ist also, daß verschiedene ABC ... an verschiedene KLM ... gebunden sind. Ding und Ich sind praktische Symbole der gleichen Art.

„Wer aber zum Schluß der Untersuchung im Hintergrund doch wieder ein beachtendes und handelndes Subjekt braucht, der bemerkt nicht, daß er sich die ganze Mühe der Untersuchung hätte ersparen können, denn er ist beim Ausgangspunkte derselben wieder angelangt. Die ganze Situation erinnert lebhaft an die Geschichte von dem Landwirt, der sich die Dampfmaschinen einer Fabrik erklären ließ, um schließlich nach den Pferden zu fragen, durch welche die Maschinen getrieben würden... In neuester Zeit fängt man an, sich mit einer „Psychologie ohne Seele“ zu befreunden [2]).“

Genetisch werden oft diejenigen Elemente, von ABC..., welche $\alpha\beta\gamma$ ... stärker alterieren, wie ein Stich, ein Schmerz, mit dem Ich zusammengefaßt. Die Abgrenzung ist verschiebbar: in der Depression ist das Ich eingeschrumpft, in der Begeisterung erweitert [3]).

„Fragen wir: ‚wer hat diesen Zusammenhang der Empfindungen, wer empfindet?‘ so unterliegen wir der alten Gewohnheit, jedes Element (jede Empfindung) einem unanalysierten Komplex einzuordnen, wir sinken damit unvermerkt auf einen älteren, tieferen und beschränkteren Standpunkt zurück. Man weist wohl oft darauf hin, daß ein psychisches Erlebnis, welches nicht das Erlebnis eines bestimmten Subjektes wäre, nicht denkbar sei. Man könnte ebensogut sagen, daß ein physikalischer Vorgang, der nicht in irgend einer Umgebung stattfindet, nicht denkbar sei. Von dieser Umgebung zu abstrahieren, muß uns hier wie dort erlaubt sein, um die Untersuchung zu beginnen [4]).“ O. EWALDs Auffassung [5]), die Totalität läge bei MACH auf der Objektseite, ist deshalb nicht gerechtfertigt; im Gegenteil wehrt

---

[1]) Nr. 91, S. 7.
[2]) Nr. 133, S. 11 f.
[3]) Nr. 91, S. 10.
[4]) Nr. 91, S. 20.
[5]) O. EWALD (FRIEDLÄNDER), Richard Avenarius. Berlin 1905. S. 75.

dieser sich, daß die Welt durch Extrajektion als absolutes Sein noch einmal aus den Bewußtseinsphänomenen in die Außenwelt projiziert werde.

„Ich empfinde Grün, will sagen, daß das Element Grün in einem gewissen Komplex von anderen Elementen (Empfindungen, Erinnerungen) vorkommt. Wenn ich aufhöre Grün zu empfinden, wenn ich sterbe, so kommen die Elemente nicht mehr in der gewohnten geläufigen Gesellschaft vor. Damit ist alles gesagt. Nur eine ideelle denkökonomische, keine reelle Einheit hat aufgehört zu bestehen [1]."

Die Problemstellung wird falsch, wenn man die Empfindungen, etwa die eines großen Raumes, räumlich in das Hirn hineindenkt. Nach MACH teilt vielmehr der „Kopf" mit ihnen das räumliche Feld. Hierin fußt MACH in den Lehren von JOHANNES MÜLLER und HERING. Dieser sagt: „Der Stoff, aus welchen die Sehdinge bestehen, sind die Gesichtsempfindungen. Die untergehende Sonne ist als Sehding eine flache, kreisförmige Scheibe, welche aus Gelbrot, also aus einer Gesichtsempfindung besteht. Wir können sie daher geradezu als eine kreisförmige, gelbrote Empfindung bezeichnen. Diese Empfindung haben wir da, wo uns eben die Sonne erscheint [2]."

Auf diese Weise findet auch MACH keine „Kluft zwischen Körpern und Empfindungen, zwischen außen und innen, zwischen der materiellen und geistigen Welt. Alle Elemente ABC... KLM... bilden nur eine zusammenhängende Masse, welche an jedem Elemente angefaßt, ganz in Bewegung gerät, nur daß eine Störung bei KLM... viel weiter und tiefer greift, als bei ABC... [3]". Bei Physischem und Psychischem ist nicht der Stoff, sondern nur die Untersuchungsrichtung verschieden. Eine Farbe z. B. ist physikalisches Objekt, wenn wir die Abhängigkeit von der beleuchtenden Lichtquelle berücksichtigen; sie wird physiologisches Objekt, wenn wir auf die Abhängigkeit von der Netzhaut achten; psychologisch ist der Vorgang endlich, wenn wir die Entfernung schätzen [4].

---

1) Nr. 91, S. 19.
2) HERMANN, Handbuch der Philosophie. III, S. 345.
3) Nr. 91, S. 13.
4) Nr. 91, S. 14.

Will man das Ich als eine reale Einheit auffassen, so muß man ihm eine unerkennbare Welt entgegenstellen und kommt nie aus dem Dilemma heraus[1]). Bewußtsein und Apperzeption, wie KANT es tut, gleichzusetzen, geht nach MACH nicht an.

Man wird einwenden, der Zerfall der Komplexe in Elemente sei ein Abstraktionsprozeß. Das gibt MACH zu, gemäß seiner Auffassung vom Begriff kann ihn das aber nicht weiter stören.

Die fremden Ich.

In MACHs Weltbild sind die fremden Ich bereits enthalten, nun trifft er ergänzende Bestimmungen. Die Analogieschlüsse auf fremde Ich dürfen wir machen, da die gleiche Analogie ja zur Ergründung des eigenen Ich dient[2]).

Die wesentliche Fassung ist aber auch hier eine funktionale: „Die Vorstellungen $\alpha'\beta'\gamma'$ ... von dem Bewußtseinsinhalt unserer Mitmenschen spielen für uns die Rolle von Zwischensubstitutionen, durch welche uns das Verhalten der Mitmenschen, die Funktionalbeziehungen K'L'M' zu ABC, soweit dasselbe für sich allein (physikalisch) unaufgeklärt bliebe, verständlich wird[3]). Daß ein Gegenstand, den ich wahrnehme, auch von anderen gesehen werden kann, ist klar. Das besagt aber doch nicht mehr, als daß ähnliche Gleichungen, wie dieselben zwischen den enger zusammenhängenden Elementen bestehen, welche mein Ich I darstellen, auch zwischen den Elementen anderer Ich I'I''I''' ..., deren Vorstellung mein Weltverständnis erleichtert, stattfinden, und daß ferner solche die Elemente I'I''I''' ... umfassende Gleichungen bestehen[4]). Die Bewußtseinsinhalte anderer Menschen sind mir nicht unmittelbar gegeben, ich denke sie kausal oder funktional hinzu, aber nicht räumlich an das beobachtete oder vorgestellte Menschenhirn gebunden[5]).

MACH erhebt auch hier gleich einen Einwand gegen sich: „Sieht jemand blau und ein anderer eine Kugel, so kann daraus allerdings kein Urteil resultieren: die Kugel ist blau. Es

---

1) Nr. 91, S. 23.
2) Nr. 133, S. 12.
3) Nr. 91, S. 29.
4) Nr. 121, S. 424.
5) Nr. 91, S. 22.

fehlt hierzu die ‚synthetische Einheit der Apperzeption‘, mit welchem schönen Wort man diese triviale Tatsache bezeichnet [1]). Beide Vorstellungen müssen eben in Reaktionsnähe kommen, ganz ähnlich wie die Körper im Gebiete der Physik. Das Ich ist kein Topf, in welchen das Blau und die Kugel nur hineinzufallen brauchen, damit ein Urteil resultiere. Das Ich ist mehr als eine bloße Einheit, und schon gar nicht eine HERBARTsche Einfachheit. Dieselben räumlichen Elemente, welche sich zur Kugel schließen, müssen blau sein, und das Blau muß von den Orten auch verschieden, auch als trennbar erkannt werden, damit ein Urteil möglich sei. Das Ich ist ein psychischer Organismus, dem ein physischer entspricht. Es ist doch schwer zu glauben, daß dies ewig ein Problem bleiben müßte, daß Psychologie und Physiologie zusammen nichts mehr aufklären könnten [2]).“

Diese Auffassung ist ein völliger Bruch mit allen erkenntnistheoretischen Anschauungen, vornehmlich auch mit denen MILLs.

4. Die Substanz.

Derselben Auflösung wie das Ich verfällt bei MACH auch die Substanz: „Das Ding, der Körper, die Materie ist nichts außer dem Zusammenhang der Elemente, der Farben, der Töne usw., außer den sogenannten Merkmalen [3]).“ Als wesentlichstes Argument führt MACH an: „Weil man jeden Bestandteil einzeln wegnehmen kann, ohne daß dies Bild aufhört die Gesamtheit zu repräsentieren und wieder erkannt zu werden, meint man, man könne alle wegnehmen, und es bliebe noch etwas übrig. So entsteht in natürlicher Weise der anfangs imponierende, später aber als ungeheuerlich erkannte philosophische Gedanke eines (von seiner ‚Erscheinung‘ verschiedenen unerkennbaren) Dinges an sich [4]).“

Der Laie stellt sich unter Substanz oder Materie ein dunkles Etwas vor, das nicht verloren gehen könne und ein bestimmtes

[1]) Anmerkung MACHs: „Wie nun gar hieraus die Unveränderlichkeit des Ich folgen soll, ist mir unerfindlich.“

[2]) Nr. 133, S. 453f.

[3]) Nr. 91, S. 5.

[4]) Nr. 91, S. 5.

Gewicht besitzt. Er vergißt, daß das Gewicht etwas Relatives ist, daß ein Körper an der Meeresoberfläche stärker vom Erdmittelpunkt angezogen wird, als wenn er sich auf den Höhen des Montblanc befindet. Das Relative, das Funktionale geht noch besser aus folgendem Beispiel hervor: an sich und absolut wiegt die Erde nichts. Ihr Gewicht ist nur die Funktion der Anziehung durch andere Gestirne. Läßt man dieses fort, so wiegt die Erde überhaupt nichts. Sie wöge nur etwas, wenn man die einzelnen Erdstückchen nacheinander an die Erdoberfläche brächte, und dort die Messungen vornähme, so daß die Gravitation auf die jeweiligen Teilchen wirken könnte.

Dem Physiker sagt MACH: „Erscheinen dem Physiker die Körper als das Bleibende, Wirkliche, die ‚Elemente‘ hingegen als ihr flüchtiger vorübergehender Schein, so beachtet er nicht, daß alle ‚Körper‘ nur Gedankensymbole für Elementenkomplexe sind [1].“

Der kritisch geläuterte Substanzbegriff MACHs ist ein Bündel gesetzmäßig zusammenhängender Reaktionen, wobei der gesetzmäßige Zusammenhang der Reaktionen allein das Beständige ist [2]. Aus diesem Grunde empfiehlt sich auch bei der Substanz die mathematisch-funktionale Formulierung: „Könnte man sämtliche sinnliche Elemente messen, so würde man sagen, der Körper besteht in der Erfüllung gewisser Gleichungen, welche zwischen den sinnlichen Elementen statthaben. Auch wo man nicht messen kann, mag der Ausdruck als ein symbolischer festgehalten werden. Diese Gleichungen oder Beziehungen sind also das eigentlich Beständige [3].“ Andere Termini dürften den Sachverhalt nicht besser ausdrücken [4], für den Naturforscher genügt die gegebene Fassung jedenfalls [5], doch kommt auf den Ausdruck wenig an. MACH räumt sogar ein, man möge die Gleichungen als Ausdruck von Realitäten als Noumena den sinnlichen Elementen gegenüberstellen [6]. Der

---

[1] Nr. 91, S. 23.
[2] Nr. 133, S. 146.
[3] Nr. 121, S. 424.
[4] Nr. 121, S. 424 f.
[5] Nr. 121, S. 424 f.
[6] Nr. 121, S. 424 f.

Physiker und Naive möge ruhig für den Hausgebrauch den alten Substanzbegriff beibehalten.

Einen naheliegenden Einwand stellt MACH sich selbst: Die Erhaltung der Masse sei ein Nachweis für die Beständigkeit der Materie. „Allein dieser Nachweis verflüchtigt sich, wenn wir auf den Grund gehen, in eine solche Menge von instrumentalen und intellektuellen Operationen, daß er gewissermaßen nur eine Gleichung konstatiert, welcher unsere Vorstellungen, Tatsachen nachbildend, zu genügen haben. Den dunkeln Klumpen, den wir unwillkürlich hinzudenken, suchen wir vergeblich außerhalb unseres Denkens [1].“ „Die begriffliche Reaktion, durch welche man die Frage beantworten wird, ob etwas unter den Begriff Substanz zu subsumieren sei, wird also darin bestehen, daß man einen quantitativen Abgang, der irgendwo auftritt, anderswo sucht (einerlei ob durch sinnliche, muskuläre, technische oder intellektuelle, mathematische Operationen). Findet sich jener Abgang, so entspricht das fragliche Etwas dem Begriff Substanz [2]). „Dabei bleibt aber für den Begriff Materie keine andere Funktion übrig, als jene, die beständige Beziehung der Einzeleigenschaften darzustellen [3]). Das Bleibende, Substantielle ist also die Beziehung zwischen Bedingung und Bedingtem, die Gleichung [4]).

Der positive Teil der Darlegungen besteht auch hier darin, daß MACH zeigt, wie der Mensch sich daran gewöhnt, „alle Eigenschaften des Körpers als von bleibenden Kernen ausgehende, durch Vermittlung des Leibes dem Ich beigebrachte ‚Wirkungen‘, die wir Empfindungen nennen, anzusehen [5]).“ Das heißt aber: der philosophische Begriff der Materie entsteht dadurch, daß man den haptischen Eigenschaften eine größere logische Kraft zuschreibt als den übrigen.

Ein Beispiel einer speziellen Materie verdeutliche das. Soll MACH Aussagen machen über ein Gebäude, so wird er sich auf die Funktionalbeziehungen beschränken und die Kontinuität

---

1) Nr. 120, S. 231 f.
2) Nr. 121, S. 426.
3) Nr. 121, S. 427.
4) Nr. 121, S. 431.
5) Nr. 91, S. 9 f.

des Weltgeschehens betonen. Denn wann ein Gebäude bereits eine Ruine geworden, wann aber noch nicht, das ist je nach dem Standpunkte des Architekten, des Bewohners, des Kartographen eine Frage der praktischen Konvention. Das Volk redet noch vom Römerwall, wenn kein einziger Stein mehr vorhanden ist, wie manche Namengebung beweist. Durch diese Kontinuität entgeht MACH auch in der Deszendenzlehre allen Scheinproblemen, so den begrifflichen Zerhackungen, ob ein Glied noch Flügel sei oder schon Arm.

Rein sensualistisch faßt er die Materie niemals auf, auch die MILLschen Möglichkeiten bleiben ausgeschaltet. MILL glaubt[1], an die Ufer des Hoogly versetzt, würde er die Sensationen haben, die er Kalkutta benennt. In seiner Abwesenheit sei Kalkutta ihm eine abwesende permanente Möglichkeit der Empfindung. MACH dagegen faßt die Existenzfrage von einem anderen Gesichtspunkte an. Er würde etwa Luzern in der Julisonne nehmen, den Fremdenverkehr, Produkte des Marktes, einlaufende Schiffe und Züge, Umbauten usw., kurz, die realen Elemente betonen und dagegen wieder das einsame Luzern im Winternebel halten. Geologisch und geographisch wiese er hin auf die eiszeitlichen, tropischen, submarinen Wandlungen an der Hand der Dokumente des Gletschergartens; dann würde er die Erosion und den Zerfall darlegen. Auf diese Weise ist Luzern nicht zweimal gegeben, das eine Mal als pulsierendes Leben, dem ich beiwohne, das andere Mal als starres Sein in meiner Abwesenheit, sondern es ist nur einmal da und immer auf dieselbe Art. Ergänzende Bestimmungen ergibt die Physik, die Psychologie und der Gesichtspunkt des praktischen Lebens, denn schließlich gibt es auch noch andere Standpunkte als die Philosophie.

5. Schein und Wirklichkeit.

Da es eine objektive Wirklichkeit an sich für MACH nicht gibt, muß er den Unterschied zwischen Sein und Schein aufheben. Das tut er denn auch: „Ein naiver Subjektivismus, der die abweichenden Funde derselben Person unter wechselnden Umständen und jene verschiedener Personen als verschiedene Fälle von

[1]) J. ST. MILL, Examination of Sir W.HAMILTONS Philosophy. S. 235.

Schein auffaßte und einer vermeintlichen gleichbleibenden Wirklichkeit entgegenstellt, ist jetzt nicht mehr zulässig. Denn nur auf die volle Kenntnis sämtlicher Bedingungen eines Befundes kommt es uns an; nur diese hat für uns praktisches und theoretisches Interesse[1]."

Bei der Feststellung der physischen Befunde unterliegen wir mancherlei Irrtümern und Täuschungen. „Ein schief ins Wasser getauchter Stab wird geknickt gesehen, und der Unerfahrene könnte meinen, er werde sich auch haptisch als geknickt erweisen. Das Luftbild eines Hohlspiegels halten wir für greifbar[2]." Im einzelnen habe ich die MACHschen Ansichten gegen die Erkenntnistheoretiker im „Irrgarten der Erkenntnistheorie" eingehend verteidigt und widmete dort den hier erwähnten Beispielen einen so ausführlichen Raum[3], daß ich mich hier darauf beziehen und im folgenden kurz fassen darf.

Solche Täuschungen beruhen darauf, daß wir entweder in Unkenntnis sind über die Umstände des Befundes, oder daß wir falsche Bedingungen annehmen: „Was also im vulgären Denken zur Entgegenstellung von Schein und Wirklichkeit, von Erscheinung und Ding führt, ist die Verwechslung von Befunden unter den verschiedenen Umständen mit den Befunden unter ganz bestimmten Umständen[4]."

Es gibt auch keine Sinnestäuschungen, sondern die Sinne zeigen weder richtig noch falsch. Das betonten schon ARISTOTELES, AUGUSTINUS, LEIBNIZ, KANT; seit JOH. MÜLLER, PURKYNE und GOETHE ist das ein unveräußerliches Eigentum der Physiologie geworden. Allein bei MACH finden wir doch etwas Neues, indem er eine Korrektur der Erkenntnistheorie an den „Täuschungen" nicht zuläßt. Auch die Frage, ob die Welt nur ein Traum sei oder Wirklichkeit, hat für MACH keinen wissenschaftlichen Sinn: „Auch der wüsteste Traum ist eine Tatsache so gut als jede andere[5]."

---

[1]) Nr. 133, S. 8.

[2]) Nr. 133, S. 9f.

[3]) HANS HENNING, Irrgarten der Erkenntnistheorie. Straßburg 1912 (Bongard), S. 104ff., 48f.

[4]) Nr. 133, S. 9f.

[5]) Nr. 91, S. 9; vgl. HANS HENNING, Der Traum ein assoziativer Kurzschluß. Bergmann, Wiesbaden 1914. S. 52f.

Man muß nur stets alle Bedingungen berücksichtigen: „Das einzig Richtige, was man von den Sinnesorganen sagen kann, ist, daß sie unter verschiedenen Umständen verschiedene Empfindungen und Wahrnehmungen auslösen . . . Die ungewöhnlichen pflegt man Täuschungen zu nennen[1]." Darum ist das Sehen des Farbenblinden oder Farbanomalen nicht fehlerhaft, hat doch das Fehlen einer gewissen Farbe anderseits den Vorteil im Gefolge, daß dafür eine größere Anzahl von Helligkeiten unterschieden werden kann, als das dem Normalen möglich ist. Das Sehen ist eben bloß anders und anders bedingt. Läßt man bei physikalischen Versuchen einige Bedingungen fort, so entsteht ein Beobachtungsfehler. Damit suchte man gegen MACH zu beweisen, daß die Welt anders ist, als sie scheint, daß neben dem Schein eine objektive Existenz sich beweisen lasse. Nehmen wir ein Beispiel: Ein Körper, dessen Siedepunkt wir bestimmen, zeigt eine zu hohe Temperatur während des Siedens, verglichen mit dem Durchschnitt der früheren Messungen. Er siedet nun aber nicht falsch, sondern genau so, wie wir es beobachten. Der Unterschied kommt auf Kosten eines Fremdkörpers, und dadurch fand man das Gesetz der Siedepunkterhöhung. Die Kausalität wird hier keineswegs betrogen oder verschleiert, sondern wie bei jeder mathematischen Ableitung, bei jedem Experiment kann man etwas als Hauptsache hervorheben und idealisieren, alles übrige aber als Nebeneffekt vernachlässigen. So muß jedes Rechnen mit dem Unendlichen, jede Messung von einem gewissen Reste absehen; natürlich legt man sich darüber genaue Rechenschaft ab mittels besonderer Methoden[2]. Was wir erreichen können, ist nur, daß die Zahl oder die Formel für möglichst viele Fälle stimmt; für wie viele, das ist eine praktische Frage, die vorher durch den Limes festgelegt wird. Wer selbst minutiöse Messungen gemacht hat, wer die unsägliche Mühe etwa der internationalen Atomgewichtskommission kennt, der weiß, daß darin nur Annäherungen liegen. Das scheint ja dafür zu sprechen, daß mit den Annäherungen doch ein Absolutes erfaßt werden soll, allein jeder Kenner weiß, daß die fraglichen Zahlen wie die

[1] Nr. 91, S. 8.

[2] F. KOHLRAUSCH, Lehrbuch der praktischen Physik. Leipzig und Berlin 1905, S. 1—32.

der Atomgewichte nur relative sind. Gäbe es etwas Absolutes, so würden sich die Autoren der Tabellenwerke nicht die unendliche Mühe machen, durch Annäherungen, Interpolationen und Eliminationen das reine Relative festzustellen. Beobachtungsfehler oder für den Chemiker „Verunreinigungen" (auch Gold und Platin kann er so betiteln) sind unanalysierte Reste, von denen er willkürlich absieht. Ebenso sieht auch der Astronom von der Strahlenbrechung ab.

Und so zeigt sich: „Erkenntnis und Irrtum fließen aus denselben psychischen Quellen; nur der Erfolg vermag beide zu scheiden. Der klar erkannte Irrtum ist als Korrektiv ebenso erkenntnisfördernd wie die positive Erkenntnis[1])."

Kein geringerer als JOSEPH LOHSCHMIDT hat deshalb vorgeschlagen, ein negatives wissenschaftliches Journal zu gründen, das die mißlungenen Forscherexperimente bringen sollte. Nicht nur BOLTZMANN allein bedauerte, daß es nicht zustande kam, eben weil der Irrtum keine Null ist.

Ähnlich wie GOETHE und JOH. MÜLLER betont MACH, „daß es dieselben psychischen Funktionen nach denselben Regeln ablaufend sind, welche einmal zur Erkenntnis, das andere Mal zum Irrtum führen[2])". Nun, das ist dem Philosophen nichts Neues. Allein, wenn MACH fortfährt, „daß nur die wiederholte sorgfältige, allseitige Prüfung uns vor letzterem schützen kann", so gilt das auch für die Erkenntnistheorie, der also dann keine absoluten Wahrheiten, sondern nur angenäherte Ideale, wie jeder Wissenschaft zugänglich sind. Damit ist aber das Wesen der Erkenntnistheorie beseitigt; sie kann sich nur rehabilitieren, wenn sie positive absolute Wahrheiten aufzeigt.

Der Vorzug der MACHschen Auffassung gegenüber der bisherigen besteht darin, daß die seinige einheitlich ist, wie das besonders die andernorts ausgeführten Beispiele dartun, während die gegnerische mit verschiedenen Begriffssystemen operieren muß und dennoch ein und dasselbe Phänomen nicht einheitlich erfassen kann, auch mißverständlichen Formulierungen nicht entgeht.

---

[1]) Nr. 133, S. 114.
[2]) Nr. 133, S. 123.

6. Das Kontinuum.

Da MACH die Außenwelt und die Substanz in Elementenkomplexe auflöst, da er keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen Schein und Sein anerkennt, muß er sich notgedrungen über die Kontinuität auslassen, die dadurch aufgelöst erscheint. „Unter einem Kontinuum“, sagt er, „versteht man ein System (oder eine Mannigfaltigkeit) von Gliedern, welche eine oder mehrere Eigenschaften A in verschiedenem Maße besitzen, derart, daß zwischen zwei Gliedern, die einen endlichen Unterschied von A darbieten, sich eine unendliche Anzahl von Gliedern einfügt, von welchen die aufeinanderfolgenden unendlich kleine Unterschiede in bezug auf A zeigen. Gegen die Fiktion oder die willkürliche begriffliche Konstruktion eines solchen Systems ist nichts einzuwenden[1].“ MACH wird seiner funktionalen Auffassung also nicht ungetreu, sondern er bleibt durchaus konsequent. Ohne Mühe kann man von hier zur RIEMANNschen Mannigfaltigkeit und zur Ausdehnungslehre GRASSMANNs gelangen.

Auf die Frage, ob dem Kontinuum in der Natur etwas entspreche, hat man geantwortet: der Raum, die Folge der Punkte einer Geraden, die Zeit, die Folge der Elemente eines gleichmäßigen dauernden Tones, die Folge der Farben eines Spektrums usw. Dazu bemerkt MACH: „Betrachten wir ein solches ‚Kontinuum‘ unbefangen, so sehen wir, daß von einer unendlichen Anzahl von Gliedern, sowie von unendlich kleinen Unterschieden der Sinnlichkeit nichts gegeben ist. Wir können nur sagen, daß beim Durchlaufen einer solchen Reihe mit der Entfernung der Endglieder die Unterscheidbarkeit wächst, endlich sicher wird, dagegen mit Annäherung zweier Glieder abnimmt, abwechselnd ... gelingt und mißlingt, endlich unmöglich wird. Raum- und Zeitpunkte gibt es für die sinnliche Wahrnehmung nicht, sondern nur Räume und Zeiten, die so klein sind, daß weitere Bestandteile nicht mehr unterschieden werden, oder von deren Ausdehnung man willkürlich absieht[2].“ Dabei er-

[1]) Nr. 121, S. 71.
[2]) Nr. 121, S. 71.

wartet er, daß die Auflösung des Kontinuums in weitere Bestandteile durch Anspannung der Aufmerksamkeit noch gelingen mag.

Das Wesentliche am Kontinuum ist, daß man von einer Eigenschaft A zu einer deutlich unterscheidbaren Eigenschaft A_1 in unmerklicher Weise ohne wahrnehmbaren Sprung gelangen kann. Diese Bestimmungen werden noch ergänzt durch das Prinzip der Kontinuität, das im methodologischen Teile besprochen werden soll. MACHs Kontinuum findet sich in der genetischen Psychologie und in der Biologie als ein kontinuierliches Werden wieder. Er knüpft dabei an CARL ERNST V. BAER an und entgeht dadurch der Beschränktheit, Tier, Art und Zustand als etwas Abgeschlossenes aufzufassen[1]).

Als positiven Teil gibt MACH genetische Bestimmungen, wie das Kontinuum in unserer Vorstellung zustande kommt: „In einem sinnlichen System, dessen Glieder schwer unterscheidbare fließende Merkmale darbieten, können wir die einzelnen Glieder sinnlich und in der Vorstellung nicht mit Sicherheit festhalten. Um die Beziehungen der Teile solcher Systeme zu erkennen, wenden wir deshalb künstliche Mittel, Maßstäbe, an“[2]). Dann vertritt die Zahl später das Maß in derselben Weise wie das Maß die direkte sinnliche Erfahrung. Da man die Maßzahl endlos teilen kann, glaubt man das gleiche mit dem Maßstab und dem gemessenen System bis ins Unendliche vornehmen zu können. Auf diese Weise entsteht die irrtümliche Auffassung eines realen Kontinuums.

Wenn wir also irgendwo ein Kontinuum vorzufinden glauben, so heißt das nur, daß wir an den kleinsten wahrnehmbaren Teilen des betreffenden Systems analoge Betrachtungen anzustellen vermögen wie an größeren. Nur die Erfahrung lehrt, wie weit sich das fortsetzen läßt. Darum hat in der Physik MACHs Volumelement — das kleinste uns zugängliche Teilchen — noch denselben Charakter wie größere; unerkennbare Atome erscheinen dadurch überflüssig.

Das Kontinuum ist also für MACH keine Realität, sondern eine „bequeme Fiktion, die in keiner Weise schädlich ist“[3]).

---

1) Nr. 120, S. 262.
2) Nr. 121, S. 76.
3) Nr. 121, S. 77.

7. Das Werden.

Wir sahen, Stabilität und Kontinuität sind nur ideale Fiktionen. Es wäre ARISTOTELIsche Physik, wollte man den Organismen ein Streben nach Stabilität oder Veränderlichkeit zuschreiben und ebenso den leblosen Körpern[1]. Wenn aber MACH — so wandte man ein — nichts Kontinuierliches anerkennt, vielmehr alles wechselnd, werdend und dynamisch auffaßt, dann käme er notgedrungen doch zu einem Absoluten: dem Fluß im Sinne des HERAKLIT oder dem absoluten Prinzip, daß alles relativ sei. Darauf erwidert MACH: wer das behauptet, der „verkennt gänzlich die vorsichtig versuchende Näherungsmethode des Naturforschers, wenn er aus den Äußerungen allgemeiner Gesichtspunkte gleich ein abgeschlossenes System herausliest. Des Naturforschers Beständigkeiten sind keine Absoluten, die von ihm untersuchten Änderungen entsprechen auch nicht dem schrankenlosen HERAKLITschen Fluß. Ich nenne biologische Ziele praktisch, sobald sich dieselben nicht auf die reine Erkenntnis als Selbstzweck beziehen“[2].

Da die Wissenschaft wie das Denken als ein Organismus gefaßt wird, da der DARWINsche Grundgedanke das ganze MACHsche Werk durchzieht, hat ein festes System da geradesowenig Platz wie ein starres Sein. Das Werden hat weder Anfang noch Ende, also steht auch die Wissenschaft und der philosophische Standpunkt in dem natürlichen Entwicklungsprozeß mitten drin; die Wissenschaft kann ihn nicht ersetzen, sondern höchstens zweckmäßig leiten[3]. „Die Natur ist nur einmal da[4].“

Von diesem Werden der Welt kann man nicht absehen: „Die Natur beginnt eben nicht mit Elementen, so wie wir genötigt sind, mit Elementen zu beginnen. Für uns ist es allerdings ein Glück, wenn wir zeitweilig unsern Blick von dem überwältigenden Ganzen ablenken und auf das einzelne richten können. Wir dürfen aber nicht versäumen, alsbald das vorläufig Un-

[1] Nr. 121, S. 382.
[2] Nr. 91, S. 300.
[3] Nr. 121, S. 387.
[4] Nr. 120, S. 228.

beachtete neuerdings ergänzend und korrigierend zu untersuchen[1]."

Das Ziel der Naturwissenschaft ist die mittelbare oder unmittelbare Erfassung des Flusses[2]. Wir werden dabei ebensowenig nötig haben, Sklaven eines Systems zu werden, wie der Mathematiker eine vorher konstant gewesene Reihe variabel werden läßt, oder wie er die unabhängig Variabeln vertauschen kann[3]. Vor der stabilen Weltanschauung des absoluten Seins hat MACH viele Vorteile voraus, denn das Werden läßt sich in Kontinua fassen und verfolgen, während das Sein noch niemals absolut eingefangen wurde.

SCHIAPARELLI[4] — um ein Beispiel zu bringen — hat von den Daten der Paläontologie ein Kontinuum entworfen, derart, daß durch Variation einiger Parameter die Arten kontinuierlich ineinander übergehen wie ein Kegelschnitt in den anderen. Damit entfallen die belästigenden Einzelformen (Pterodaktylus, Archäopteryx, Ichthyornis usw.), ferner scholastische Fragen, z. B., wo beginnt das Wirbeltier, wo hört das Wirbellose auf[5]. Wie schon erwähnt, schließt MACH sich da den Gedanken CARL ERNST V. BAERS[6] an, alles als Phase der Entwicklung zu nehmen und nicht willkürlich augenblickliche oder frühere Zustände als etwas Fertiges und Abgeschlossenes zu fassen. In ähnlicher Weise nimmt auch DARWIN und SPENCER das Psychische als eine Anpassungserscheinung[7].

Wie sich die erkenntnistheoretische Lehre vom absoluten Sein und die naturphilosophische Lehre vom Werden gegenüberstehen, zeigt besonders lehrreich die Kontroverse SCHOPENHAUERS mit GOETHE[8]. Während SCHOPENHAUER erkenntnistheoretisch

---

[1]) Nr. 87, S. 249.

[2]) Nr. 120, S. 236, 238.

[3]) Nr. 120, S. 238 f.

[4]) J. V. SCHIAPARELLI, Studio comparativo tra le forme organiche naturali e le forme geometriche pure. Milano 1898.

[5]) Nr. 120, S. 284 f.

[6]) C. E. v. BAER, Das allgemeinste Gesetz der Natur in aller Entwicklung. — Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige, und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden?

[7]) Nr. 120, S. 262; Nr. 121, S. 382.

[8]) GOETHES Gespräche, ed. BIEDERMANN. Bd. II, S. 245.

sagt: die Sonne wäre nicht, wenn ich nicht wäre, behauptet GOETHE mit Recht naturphilosophisch das Gegenteil. Denn der Grottenolm von Adelsberg (Proteus anguinus Laur.) besitzt rückgebildete Augen, weil er im Dunkeln lebt. C. HESS legte dar, dessen Augen seien nicht verkümmert, sondern nur im Rohumriß angelegt. Einwandfreiere Beispiele sind deshalb die blinden amerikanischen Urodelen, etwa Thyphlomolche Rathbuni (Texas) oder Typhlotriton spelaeus (Missouri). Die Augen des letzteren werden erst nach der Metamorphose zurückgebildet[1]). Und wenn auch beim Proteus die Augen von Muskeln überdeckt und deshalb funktionsunfähig sind, so ist daran doch das fehlende Licht der Außenwelt schuld. Jedenfalls drängen die Tatsachen zur Annahme, daß das Licht die Augen erzeuge, also zur GOETHEschen Auffassung. Gegenüber solchen Aporien kann MACH sehr wohl seinen Standpunkt beibehalten, der Erkenntnistheoretiker aber nicht.

In der Chemie ist durch das periodische System von LOTHAR MEYER und MENDELEJEFF, ferner durch die physikalische Chemie die Möglichkeit gegeben, das Werden durch Kontinua aufzufassen[2]).

Das Analoge trifft auch für die Physik zu. Während früher Ruhe und Statik das Grundlegende war, aus dem die Dynamik entwickelt wurde, gilt heute auf Grund der GALILEIschen Arbeiten die Dynamik (oder auch die Elektrodynamik) als Grundlage. Bewegung ist das Primäre, Ruhe ein Grenzfall derselben; die Statik folgt also aus der Dynamik. Dazu tritt dann noch das Relativitätsprinzip.

So gilt MACHs Standpunkt für die Spezialwissenschaften (günstigere Beispiele aus der Klimatologie und Wissensgebieten, die nichts Starres kennen, brauchen wir nicht zu häufen), während die Erkenntnistheorie einen abweichenden Standpunkt erst beweisen muß.

8. Kausalität oder Funktionalbeziehung?

Für MACHs Elemente ist eine kausale Beziehung kaum durchführbar, so sagt man, da diese die Zeit einschließt. Dadurch würde er zu der Aussage gedrängt, was die Außenwelt

[1]) RICHARD HERTWIG, Zoologie. Jena 1903, S. 537.

[2]) Nr. 120, S. 284.

in derjenigen Zeit sei, in der sie nicht durch Elemente erschöpft ist, z. B. im Schlafe oder in meiner Abwesenheit von Kalkutta.

Gewiß macht sich MACH gelegentlich die Sache etwas leicht, indem er gegen einen veralteten Kausalitätsbegriff[1]) polemisiert, allein das ist doch nicht die Regel. Wie er die Tragweite seiner Bestimmungen einschätzt, zeigt die folgende Betrachtung: „Ich habe irgendwo gelesen, daß ich einen erbitterten Kampf gegen den Begriff Ursache führe. Dies ist nicht der Fall, denn ich bin kein Religionsstifter. Ich habe diesen Begriff für meine Bedürfnisse und Zwecke durch den Funktionsbegriff ersetzt. Findet jemand, daß hierin keine Verschärfung, keine Befreiung oder Aufklärung liegt, so mag er ruhig bei den alten Begriffen bleiben; ich habe weder die Macht noch auch das Bedürfnis, jeden einzelnen zu meiner Meinung zu bekehren ... Die nach uns kommen, werden sich einmal recht verwundern, worüber wir streiten, und noch mehr, wie wir uns dabei ereifern konnten[2])."

MACH will auf die reine Beschreibung hinaus, dabei hindert ihn die im Kausalitätsbegriff liegende Notwendigkeit. Er sagt dies: „Wo wir eine Ursache angeben, drücken wir nur ein Verknüpfungsverhältnis, einen Tatbestand aus; d. h. wir beschreiben[3])." Wenn wir von der Anziehung der Massen reden, so enthält die Formel $\varphi = k\frac{m + m_1}{r^2}$ nicht mehr als das Tatsächliche[3]). Die physikalischen Gesetze sind deshalb Herstellungsregeln für alle Einzelbeschreibungen[4]).

Den Einwand, die Beschreibung lasse das Kausalitätsbedürfnis unbefriedigt, stellt MACH sich selbst[5]). Und zwar erklärt er, wie die Notwendigkeit psychologisch entsteht, und schaltet daraufhin alle überflüssigen logischen Zutaten aus: „Wenn ich konstatiert habe, daß eine Tatsache A gewisse (z. B. geometrische) Eigenschaften B hat, und ich mich in meinem Denken daran halte, so kann ich selbstredend nicht zugleich

[1]) Nr. 121, S. 435f.; Nr. 133, S. 272; besonders Nr. 91, S. 73f.: „Einer Dosis Ursache folgt eine Dosis Wirkung."

[2]) Nr. 133, S. 274.

[3]) Nr. 121, S. 435.

[4]) Nr. 120, S. 283f.

[5]) Nr. 120, S. 281.

wieder hiervon absehen. Das ist eine logische Notwendigkeit. Hierin liegt aber nicht, daß dem A notwendig die Eigenschaft B zukommt. Dieser Zusammenhang ist lediglich durch die Erfahrung gegeben. Eine andere als eine logische Notwendigkeit, etwa eine physikalische, existiert eben nicht [1])." Dem Artilleristen scheint mit Notwendigkeit an die Anfangsgeschwindigkeit und Richtung des Projektils die bestimmte Wurfbahn geknüpft. Wenn der Vorgang den Gesetzen gehorcht, dann liegt er uns so klar vor wie jene, die zum Erkenntnisgrund werden. „In dem Augenblick, als wir diese logische Notwendigkeit fühlen, denken wir nicht zugleich daran, daß das Bestehen jener Bedingung einfach durch die Erfahrung gegeben ist, ohne im geringsten auf einer Notwendigkeit zu beruhen" [2]). Denn die Wurfbahn fällt praktisch sehr häufig anders aus, als wir sie theoretisch berechneten.

MACH begnügt sich deshalb mit der Feststellung gegenseitiger Simultanbeziehungen, der Funktionen. Der Zusammenhang des Geschehens ist uns dabei garantiert durch die tatsächliche Abhängigkeit aller Vorgänge von der Lage eines Weltkörpers, soweit wir physikalische Vorgänge berücksichtigen [3]). Mit Ursache und Wirkung heben wir nur wichtige Momente heraus; in der Natur gibt es jedoch nicht, wie bei der Nachbildung, Ursache und Wirkung, sondern die Natur ist nur einmal da. Wiederholungen, in welchen A immer mit B verknüpft wäre (also das Wesentliche von Ursache und Wirkung), existieren nur in der Abstraktion [4]). Das Hervorheben wird aber hinfällig, sobald uns die Tatsachen geläufig werden, und dann brauchen wir Ursache und Wirkung nicht mehr: „Die Säure ist die Ursache der Rötung der Lackmustinktur; später gehört die Rötung unter die Eigenschaften der Säure [5])."

Alle Formen des Kausalgesetzes entspringen subjektiven Trieben, denen die Natur nicht zu gehorchen braucht [6]). Darum

[1]) Nr. 121, S. 437.
[2]) Nr. 121, S. 434.
[3]) Nr. 91, S. 75.
[4]) Nr. 87, S. 524.
[5]) Nr. 87, S. 524.
[6]) Nr. 87, S. 550.

entfallen auch die monströsen Anwendungen des Entropiesatzes sowie des ersten Hauptsatzes auf das Weltall, wenn man bedenkt, daß jeder naturwissenschaftliche Satz ein Abstraktum ist, das die Wiederholung gleichartiger Fälle zur Voraussetzung hat. Beim Weltall ist uns das aber nicht gegeben.

Welches sind nun die subjektiven Triebe, denen die Kausalität entspringt? Ursache und Wirkung sind hervorstechende Eigenschaften einer Erfahrung. Wird diese geläufig, so blaßt die Bedeutung von Ursache und Wirkung ab und geht auf neue Merkmale über. Das Gefühl der Notwendigkeit rührt daher, daß uns die Einschaltung längst bekannter Zwischenglieder, welche eine höhere Autorität für uns haben, oft gelungen ist[1]. Das wird dem besonders deutlich, der zum ersten Male ein neues Erfahrungsgebiet betritt, „er fühlt sich von seiner Prophetengabe plötzlich verlassen[2].“

„KANT hat richtig erkannt, daß nicht die bloße Beachtung uns die Notwendigkeit der Verknüpfung von A und B lehren kann. Er nimmt einen angeborenen Verstandesbegriff an, unter welchen ein in der Erfahrung gegebener Fall subsumiert wird[3].“ Dieser Verstandesbegriff stellt sich folgendermaßen dar: Zunächst entwickelt sich eine Gewohnheit der Verknüpfung von A und B, C und D, E und F. Nun erkennt man in M das A, C, E und in N das B, D, F; da diese Verknüpfung uns schon geläufig ist, wird es auch die von M und N; der neuen Erfahrung tritt die ältere gegenüber. Es gibt also einen Verstandesbegriff, unter den jede neue Erfahrung untergeordnet wird, allein dieser wird durch die Erfahrung entwickelt und besteht aus Erfahrung. Die Vorstellung der Notwendigkeit dabei entwickelt sich wahrscheinlich durch unsere willkürliche Bewegung und die Veränderungen, die wir mittelbar durch diese hervorbringen[4]. HUME hat das flüchtig angedeutet, jedoch nicht weiter aufrecht erhalten.

Das Gefühl der Kausalität ist weiter nicht lediglich vom Individuum erworben, sondern durch die Entwicklung der Art vorgebildet.

[1]) Nr. 120, S. 227 f.
[2]) Nr. 120, S. 228.
[3]) Nr. 87, S. 524 f.
[4]) Nr. 87, S. 525 f.

Ursache und Wirkung sind also als ökonomische Gedankendinge anzusprechen. Auf die Frage, warum sie entstehen, läßt sich keine Antwort geben. Denn das „Warum" erkennen wir erst durch die Abstraktion von Gleichförmigkeiten.

Die Einwände gegen MACH

lassen sich zusammenfassen:

1. Während die Funktion stets umkehrbar ist, trifft das für die Kausalität nicht zu; diese enthält außerdem noch die Zeit eingeschlossen.
2. Die Kausalität bestimmt eindeutiger als die Funktion.
3. Die Kausalität bezieht sich auf reale Größen, die Funktion dagegen nicht.

1. Das erste Mißverständnis beruht darauf, daß MACH untergeschoben wird, seine Funktion sei eine Funktion im Sinne der „reinen" Mathematik[1]). KANTs „reine" Mathematik ist nicht identisch mit der reinen Mathematik der Mathematiker, die unter „rein" auch die analytische Mechanik verstehen, im Gegensatze zur „angewandten" Mathematik (Geodäsie, Astronomie usw.). KANT hingegen nennt die analytische Mechanik keineswegs rein oder apriorisch, da ihr Bewegungsbegriff a posteriori ist. Ferner ist die Funktion nicht immer umkehrbar, auch kann sie die Zeit enthalten; sie steht also auf gleicher Stufe mit der Kausalität. Man braucht da nur auf den zweiten Hauptsatz hinzuweisen, der die Ungleichung behauptet, daß das Geschehen irreversibel ist.

Wenn $a = f(b)$, ist gewiß auch $b = f(a)$. Aber damit ist erst gesagt, daß zwischen a und b eine Abhängigkeit besteht, jedoch noch nicht welcher Art. Bestimme ich nun, daß a sich doppelt so schnell ändert wie b, so ist die Zeit wohl darin enthalten.

Die heute ziemlich allgemein gültige Auffassung CLIFFORDS und EINSTEINs, alle Geometrie sei Kinematik, schließe also die Zeit ein, darf KANT am allerwenigsten abweisen; denn er zieht die Linien in Gedanken immer erst allmählich nacheinander, anders seien sie ihm nicht gegeben.

Man hat dann zu Unrecht den umkehrbaren mathematischen Funktionsbegriff von dem nicht umkehrbaren der Physik scheiden

---

[1]) STÖRRING, Einführung in die Erkenntnistheorie. Leipzig 1909. S. 276.

wollen. Das ist nicht möglich, vielmehr sind beide Begriffe identisch. Der physikalische kann auch umkehrbar sein. Die meisten organisch-chemischen Reaktionen sind rückläufig beispielsweise. Hingegen braucht die mathematische Funktion keineswegs umkehrbar zu sein, weil sie unendlich vieldeutige Umkehrungen ergäbe; das gilt z. B. für gewisse Kurven[1]).

Allgemein genommen verhält sich die Frage vielmehr so: Die Kausalität ist umkehrbar, wenn für alle Elemente nur eine Gleichung gilt (z. B. zwei gravitierende Massen), dasselbe gilt von der Funktion. Die Umkehrbarkeit hört auf, wenn Mittelkörper vorhanden sind[2]). Auch da, wo Mittelkörper existieren, wir sie aber nicht kennen oder nicht beachten, ist die Kausalität umkehrbar. Z. B. der Lohn des Fabrikarbeiters bestimmt den Preis der Ware. Der Preis der Ware bestimmt die Höhe des Arbeitslohnes des Fabrikarbeiters.

Unmittelbare Abhängigkeiten, die gegenseitig und simultan sind, sind umkehrbar, mittelbare mit Zwischengliedern, welche die Zeit einschließen, sind nicht umkehrbar. Das gilt für Funktion wie für Kausalität, die sich darin durchaus gleichstehen.

2. Die Kausalität sei eindeutiger als die Funktion. An sich ist das zutreffend, allein MACH trifft ergänzende Bestimmungen über die Eindeutigkeit. Es ergäbe sich aber auch von selbst: denn wenn ich die Bedingungen einer Kurve habe, so habe ich damit die Kurve ja noch nicht; wohl aber umgekehrt in eindeutiger Weise.

In der Physik[3]) drücken die Minimumprinzipien, so das Prinzip der kleinsten Wirkung, aus, daß in den betreffenden Fällen so viel geschieht als geschehen kann unter den gegebenen Umständen, d. h. als durch sie eindeutig bestimmt ist[4]). „Ich bin also mit PETZOLD[5]) überzeugt, sagt MACH, daß in der

[1]) Man vergleiche die Kurve Nr. 87, S. 548.

[2]) Nr. 133, S. 273f.

[3]) Nr. 87, S. 419f.

[4]) Deshalb ist es ein Irrtum, wenn von zahlreichen Philosophen behauptet wird, HERTZ habe philosophisch die Kraft ausgeschaltet. Mit Zeit, Raum und Masse allein kann auch kein Mensch eine Mechanik aufbauen; als vierter Grundbegriff dient vielmehr ein Minimumprinzip.

[5]) J. PETZOLD, Maxima, Minima und Ökonomie. Altenburg 1891.

Natur nur das und so viel geschieht, als geschehen kann, und daß dies nur auf eine Weise geschehen kann. In diesem Sinne kann also von einer Ökonomie in den physischen Vorgängen keine Rede sein, da zwischen dem tatsächlichen Geschehen und einem anderen keine Wahl ist. Deshalb habe ich auch auf diesem Gebiete den Begriff Ökonomie in keiner Weise verwendet[1]."

Man kann deshalb MACH nicht gut mehr mißverstehen, als DÜRR, BUZELLO, CHAMBERLAIN u. a. es taten, die das Prinzip der Ökonomie mit der alten Lex parsimoniae zusammenwarfen.

Ausdrücklich bleibt MACH nicht bei den MILLschen Schemata stehen, sondern dann erst beginnt die wichtigste Arbeit: das Suchen nach der Art der Abhängigkeit, und da wird man immer solche Komplexe wählen, die sich gegenseitig eindeutig bestimmen[2]. Dabei ist nun nicht alles fließend, sondern man fragt, welche Vorstellungen bei der Veränderung als bleibend festgehalten werden, welches Gesetz besteht, welche Werte bleiben konstant[3].

Bei allen Bewegungen lassen sich die wirklich genommenen Wege immer als ausgezeichnete Fälle unter unendlich vielen denkbaren auffassen. Analytisch heißt das: es müssen sich immer Ausdrücke finden lassen, die dann, wenn ihre Variation der Null gleichgesetzt wird, die Differentialgleichungen der Bewegung liefern, denn die Variation verschwindet ja nur, wenn das Integral einen einzigartigen Wert annimmt[4]. Als eigenartige Ergänzung sei hier die Auffassung von FELIX KLEIN gegeben; er sagt[5]: Wir haben manchmal nicht eine einzige Funktion vor uns, sondern Funktionsstreifen. Aus diesen wählen wir aus, was uns am ökonomischsten und besten dient. Man hat KLEIN daraufhin eingewendet, die Funktionentheorie dürfe keine Geometrie enthalten. Er antwortete: so fand ich es; wer es ohne Geometrie findet, ist eben der zweite. Auf das

---

[1]) Nr. 121, S. 393.

[2]) Nr. 133, S. 280.

[3]) Nr. 87, S. 549.

[4]) PETZOLD, l. c., S. 11.

[5]) FELIX KLEIN, Autographierte Vorlesungshefte. Differentialgleichungen zweiter Ordnung. Teubner, Leipzig.

Denken allein kommt es dabei nicht an; sondern wer die Phantasie, die neuen Ideen in die Symbolik preßte, wer den Rechenknecht in den Algorithmus hineintat — etwa die Null als dekadisches Grundprinzip — der denkt für den mit, der später in abgekürztem Verfahren dieselbe Tatsache nachdenkt. Darum ist der Bleistift auch nicht klüger als der Rechnende.

Die Eindeutigkeit wird aber noch anders ausgedrückt: die Sätze von EULER, HAMILTON und GAUSS sind nichts anderes, „als analytische Ausdrücke für die Erfahrungstatsache, daß die Naturvorgänge eindeutig bestimmte sind[1]". Die Einzigartigkeit des Minimums ist entscheidend. Ferner: „Ist die Zahl der Gleichungen um eins kleiner als die Zahl der Elemente, so ist eine Gruppe derselben durch die andere eindeutig bestimmt[2])." „Nur eine Theorie, welche die immer komplizierten und durch mannigfache Nebenumstände beeinflußten Tatsachen der Beobachtung einfacher und genauer darstellt, als dies durch die Beobachtung eigentlich verbürgt werden kann, entspricht dem Ideal der eindeutigen Bestimmtheit[3])."

3. Der dritte Einwand, die Kausalität beziehe sich auf Realitäten, die Funktion aber nicht, muß uns höchlichst wundernehmen. Denn die Erkenntnistheoretiker, die das behaupten, besitzen ja selbst die Realität nicht. Entweder sie leugnen dieselbe als Idealisten, oder sie können sie als hypothetische Realisten nicht fassen.

Weiterhin finden wir Einwände von WINDELBAND und RICKERT. WINDELBAND glaubt irrtümlicherweise, MACHs Welt bestehe aus Empfindungen oder aus deren Addition[4]). Niemand, auch KANT nicht, kann die Welt aus Begriffen aufbauen; die Stadt Messina stellt kein transzendentaler Begriffsapparat wieder her, wenn ein Erdbeben sie zerstörte. Bei MACH handelt es sich nicht um das Aufbauen einer realen Welt, sondern um die Analyse des natürlichen Weltbildes. RICKERT[5]) kennt zwei Kausalitäten. Zunächst die übliche, die dunkelbewußt den ersten

---

[1]) Nr. 87, S. 420.

[2]) Nr. 121, S. 325.

[3]) Nr. 133, S. 449.

[4]) WINDELBAND, Präludien. Tübingen 1903. S. 131.

[5]) RICKERT, Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. Tübingen 1902.

Hauptsatz in populärer Form enthält, daß nichts ohne Ursache verschwinden könne. Die zweite ist eine „historische Kausalität", welche einmalige, historische, individuelle Kausalverbindungen mit ihrer Kausalungleichung feststellt. Nun, das ist nichts anderes als die CLAUSIUSsche Ungleichung, also der zweite Hauptsatz, daß nämlich alles Geschehen irreversibel ist. RICKERT trennt also seine zwei Kausalitäten nach den zwei Hauptsätzen der Thermodynamik. Diese Sätze gelten aber nur für geschlossene Systeme und werden, auf das Ganze übertragen, sinnlos. Warum aber die Ungleichung — auch ein Grundpfeiler der Naturwissenschaft — für diese nicht gelten soll, sondern nur für die Kulturwissenschaft, das verrät RICKERT nicht. Das Mißverständnis scheint darin zu liegen, daß RICKERT in diese physikalische Ungleichung historische und poetische Gefühle, emotionelle Bestandteile (nationale, kulturelle sowie individuelle Werte), auch Moralisches, Ethisches und Ästhetisches einbezieht, was hernach als absoluter Wert wieder zum Vorschein kommt.

Im „Irrgarten der Erkenntnistheorie", der die Systeme der heutigen Philosophen einer Kritik unterzieht, habe ich diesen Punkt so eingehend behandelt, daß ich hier nicht ausführlicher zu sein brauche.

Kausalität und Willensfreiheit.

„Die Richtigkeit des ‚Determinismus' oder ‚Indeterminismus' läßt sich nicht beweisen. Nur eine vollendete oder nachweisbar unmögliche Wissenschaft könnte hier entscheiden. Es handelt sich hier eben um Voraussetzungen, die man an die Betrachtung der Dinge heranbringt, je nachdem man den bisherigen Erfolgen oder Mißerfolgen der Forschung ein größeres subjektives Gewicht beimißt. Während der Forschung aber ist jeder Denker notwendig theoretischer Determinist [1]." Aber da er nie weiß, ob er alle Abhängigkeiten schon berücksichtigt hat, „so muß also auch derjenige, welcher in der Theorie einen extremen Determinismus vertritt, praktisch doch Indeterminist bleiben, namentlich dann, wenn er sich nicht die wichtigsten Entdeckungen wegspekulieren will [2])". Es hat also einen guten Sinn, und ist

[1]) Nr. 133, S. 277f.

[2]) Nr. 133, S. 278; vgl. die Kapitel über Zufall (Nr. 120) und das Wunderbare (Nr. 121).

nicht willkürliches Verlassen der üblichen Terminologie, wenn MACH von einem Automaten redet, wie in „Erkenntnis und Irrtum", und nicht vom Determinismus.

MACHs Ethik ist dementsprechend soziologisch. Der Wille bedeutet ihm kein metaphysisches oder psychisches Agens, er lehnt auch eine eigene psychische Kausalität ab. Willenserscheinungen sind aus den organisch-physischen Kräften zu verstehen [1].

9. Der Raum.

Der physiologische Raum im Gegensatz zum metrischen [2].

Den Unterschied zwischen dem physiologischen und dem metrischen Raum ausgearbeitet zu haben, ist ein großes Verdienst von MACH, da er für die Philosophie sehr wichtig ist.

Von MACH-Gegnern wird recht häufig darauf hingewiesen, daß NEWTON sagte, vielleicht gäbe es keine absoluten Größen. Das ist schon richtig; aber wenn man mit diesem Freibriefe hernach doch die absoluten Größen wieder annimmt, so hebt sich das auf und ist außerdem wenig ritterlich.

Gehen wir zu MACHs Bestimmungen über: der euklidische Raum ist homogen, unbegrenzt und unendlich. Der Sehraum ist nicht homogen, nicht unbegrenzt und nicht unendlich [3]. Dem oben und unten, links und rechts, nah und fern entsprechen gänzlich verschiedene Empfindungen. Die Gesichtsobjekte sind auch nicht ebenso ohne Pressung und Dehnung beweglich wie die entsprechenden geometrischen Objekte. Der Sehraum gleicht dem metageometrischen, nicht dem euklidischen Raum. Ferner ist er nicht metrisch; das Augenmaß, die quantitativen Entfernungen entwickeln sich erst durch physikalisch-metrische Erfahrung.

Der Raumsinn der Haut entspricht einem zweidimensionalen, endlichen, unbegrenzten (geschlossenen) RIEMANNschen Raum. Philosophischerseits ist irrtümlich eingewendet worden, die RIEMANN-Fläche sei unanschaulich; irrtümlich, denn sie ist ja

[1]) Nr. 91, S. 140.
[2]) Nr. 90, 127, 132.
[3]) Die Ausdrücke sind im RIEMANNschen Sinne zu verstehen.

als anschauliches Element in die Funktionentheorie eingeführt. NEUMANN (Sohn) gab ihr Anschaulichkeit durch die bekannte Henkelwickelung [1]).

Auch der haptische oder Tastraum hat mit dem geometrischen Raum wenig gemeinsam, ebenso wie der Sehraum. Wie dieser ist er anisotrop und inhomogen; die Hauptrichtungen sind ebenfalls ungleichwertig.

Wie die anderen physiologischen Räume, so umfaßt der unbestimmtere Hörraum nur teilweise gemeinsame physikalische Gebiete.

Mit HERING und JAMES nimmt MACH an, daß jeder Empfindung eine gewisse Räumlichkeit anhaftet.

Gemeinsam haben physiologischer und geometrischer Raum nur wenig. Beide sind dreifache Mannigfaltigkeiten. Jedem Punkt ABCD... des geometrischen entspricht ein Punkt A′B′C′D′... des physiologischen Raumes. Einer kontinuierlichen Bewegung im geometrischen Raum entspricht eine solche des zugeordneten Punktes im physiologischen. Die fingierte Kontinuität ist keine wirkliche [2]).

Man versteht nun, wie KANT sich in Paradoxien über die Symmetrie usw. (Handschuhbeispiel) so vergeblich abmühte. Daß die KANTsche Raumauffassung nicht haltbar ist, wird hier schon klar.

Der physikalische Raum.

Raum und Zeit sind physikalisch besondere Abhängigkeiten der physikalischen Elemente voneinander, und zwar sind die zeitlichen die einfachsten und unmittelbaren, die räumlichen hingegen die vermittelten physikalischen Abhängigkeiten.

ARISTOTELES [3]) verquickte die Raum- und Körpervorstellung, so war ihm das Vakuum undenkbar, während LEUKIPP, DEMOKRIT und EPIKUR unserer Auffassung näher kamen. Noch DESCARTES betont die Unmöglichkeit des Vakuums; erst mit PASCAL, BOYLE und GUERICKE brach sich die richtige Ansicht allmählich Bahn. Mit dem Vakuum wurde die Raumvorstellung selbständig.

---

[1]) Die Bewegung läßt dabei etwas der dritten Dimension Entsprechendes entstehen.

[2]) Nr. 121, S. 76.

[3]) ARISTOTELES, Physik. IV. Kapitel, 6—9.

Das finden wir bei NEWTON vor, der den Raum allerdings lieber erfüllt gesehen hätte. Von nun an sind Raum und Zeit absolute Größen. Für NEWTON sind sie etwas Hyperphysikalisches, nämlich unbestimmbare, unabhängige Urvariable der Welt, die dadurch zur Maschine mit unbekanntem Ziele wird. Eingehender wird dies im physikalischen und psychologischen Teile besprochen.

Nach NEWTON kam die große Wandlung: FARADAY und MAXWELL bringen die Nahewirkung, d. h. die vermittelte Fernwirkung, so daß wir philosophisch das eingangs Erwähnte erreichen: zeitliche Abhängigkeit ist unmittelbare, räumliche aber eine vermittelte. Die Welt bleibt ein Ganzes, wenn nur kein Teil isoliert ist. Glieder, die nicht unmittelbar zusammenhängen (z. B. die Einheit von Raum und Zeit), ergeben nur scheinbar ein übereinstimmendes Verhalten dadurch, daß wir die vermittelnden Glieder nicht beachten.

Das Vakuum erhält nun positive Eigenschaften durch BOYLE, YOUNG, FRESNEL, FARADAY, MAXWELL und HERTZ, es bleibt nicht mehr das Nichts. Die Lichtinterferenz im Vakuum gibt uns genauere Maße, als starre Körper es vermögen; es liefert die Wellenlänge als Raummaß, die Schwingungsdauer als Zeitmaß[1]. Raum und Zeit verlieren also den hyperphysikalischen Charakter.

KANT erfüllt den NEWTONschen Raum mit objektiv und real existierendem Wärmestoff (Feuerteilchen) gemäß dem damaligen Stande der Wärmelehre. Die Phlogistontheorie war damals im Abflauen; sie wurde ersetzt durch die Antiphlogistontheorie, die noch zwischen „Menge der Wärme" und „Kraft oder Stärke der Wärme" scheidet (LAMBERT), während „calor" erst anfing, sich in Temperatur einerseits und Wärmemenge anderseits aufzulösen. Diese reale Ausfüllung des Weltalls durch wirkliche Feuerteilchen (Wärmestoff), sei das Ding an sich, sagt KANT. Diese ganzen Verhältnisse untersuchte ich eingehend in einer besonderen Schrift, in der KANTs Ansichten über das reale Ding an sich = Wärmestoff tabellarisch und kritisch besprochen wurden, wie er sie in seinem Nachlaßwerke „Übergang von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Physik"

[1]) Vgl. O. CHWOLSON, Notiz über die Vergleichung des Meters mit der Wellenlänge des Lichtes. BOLTZMANN-Festschrift, 4. Abhandlung, 1904.

äußert[1]). Es würde zu weit führen, das hier zu wiederholen. Dadurch ist der Beweis erbracht, daß KANTs Raum- und Zeitauffassung für die Naturwissenschaft unbrauchbar ist. Man wird auch von keinem Naturforscher verlangen wollen, daß er den primitiven Ansichten eines früheren Jahrhunderts beitrete und auf die Errungenschaften im letzten Jahrhundert, vornehmlich aber auf das Relativitätsprinzip verzichte, das zum unveräußerlichen Besitze eines jeden Physikers wurde.

Psychologische Geometrie.

In der Geometrie sind noch physiologische Bestandteile enthalten. Zu nennen wäre die Bevorzugung der Ähnlichkeit, des rechten Winkels, der Symmetrie. Man vergleiche auch die schöne Arbeit MACHs, warum physiologisch ähnliche Figuren es auch geometrisch sind[2]). Ferner ist physiologisch der Unterschied positiver und negativer Koordinaten, der rechten, linken, oberen und unteren[3]). Auch der Drehungssinn weist darauf.

Die eingehende Psychologie des Raumes findet der Leser im psychologischen Teile; hier sei aber kurz berührt, wie die geometrischen Vorstellungen entstehen. An einem Reiz unterscheiden wir nicht nur die Reizqualität, sondern auch die betroffene Stelle. HERING nennt das den Ort der Aufmerksamkeit. Wir haben also zweierlei: die Sinnesempfindung (Qualität des Stiches z. B.) und Organempfindung (Ort des Stiches), auch Raumempfindung genannt. Letztere ist um so variierender, je ferner die ontogenetische Verwandtschaft der Elementarorgane einer gemeinsamen Abstammung wird. Demgemäß ist der physiologische Raum ein System abgestufter Organempfindungen, das ohne Sinnesempfindungen nicht verhanden wäre, durch sie wachgerufen aber ein bleibendes Register bildet, in das die Sinnesempfindungen eingeordnet werden. Damit berührt sich MACH mit E. H. WEBERs Empfindungskreisen, mit LOTZEs Lokalzeichen wie mit der Lehre von HERING und STUMPF.

---

[1]) HANS HENNING, KANTs Nachlaßwerk. Bongard, Straßburg 1912.

[2]) Nr. 5; vgl. auch Nr. 15, 21, 46, 91, S. 84—100.

[3]) Vier in verschiedenen Ebenen liegende Punkte können erst als Koordinatensystem die Geometrie von diesen physiologischen Bestandteilen befreien.

Daraus ergeben sich folgende Gesichtspunkte: wären wir festsitzende Seetiere oder unser Weltbild sakkomorph, so könnten wir nie zum euklidischen Raum gelangen. Zu ihm verhielte sich dann der unsrige wie ein triklines zum tesseralen Medium; er wäre anisotrop und begrenzt. Die Lokomotion bildet erst die Vorstellung des euklidischen Raumes; sie läßt erst unsere Raumerfahrungen ihm angenähert werden.

Die psychologische Geometrie MACHs ist sehr wichtig, doch kann sie hier nicht mit allen Einzelheiten dargelegt werden. MACH untersucht die geometrischen Begriffe und zeigt, daß überall ein Minimum von unscheinbaren, kaum beachteten Erfahrungen zu deren Ableitung nötig ist[1]). Dieses Minimum darf nicht vernachlässigt werden, und so kann die Geometrie jedenfalls nicht mit Anschauung und Raisonnement allein aufgebaut werden.

Die Gültigkeit und Sicherheit der Geometrie wird durch diese Bestimmungen gar nicht geschmälert. Zwar erstreckt sich unsere logische Herrschaft nur auf Begriffe, die wir selbst vorher bestimmt haben. Durch die Einführung des physikalischen Maßes treten „an die Stelle der individuellen, nicht übertragbaren Raumanschauung die allgemein für alle Menschen gültigen Begriffe der Geometrie“ [2]).

Diese Gültigkeit erklärt sich folgendermaßen: „Es wäre nun nicht ökonomisch, jedesmal von den elementarsten Tatsachen beginnend jeden neuen Fall immer wieder von Grund aus zu analysieren. Vielmehr empfiehlt es sich, aus einigen wenigen einfachen, geläufigen und unbezweifelten Sätzen, bei deren Wahl die Willkür durchaus nicht ausgeschlossen ist, die Antworten auf häufiger vorkommende Fragen in Form von Lehrsätzen ein für allemal für den Gebrauch zurecht zu legen[3]).“ Zweitens arbeiten ganze Generationen an der Kontrolle der Geometrie; durch diese Kollektivarbeit wird die Überzeugung von der Richtigkeit gestärkt[4]). Die logische Gültigkeit, die ich in die Formen hineintat,

---

[1]) In Nr. 133 auf S. 369 sagt MACH, Fig. 19 könne auf schiefwinklige Dreiecke ebenso leicht und anschaulich übertragen werden. Es scheint aber, daß die Anschaulichkeit sich da nicht beibehalten läßt.

[2]) Nr. 133, S. 383.

[3]) Nr. 133, S. 379f.

[4]) Nr. 133, S. 380f.

kann ich nicht zugleich festhalten und aufheben. Die nichteuklidischen Geometrien, die im unendlich Kleinen mit der euklidischen übereinstimmen, geben den Beweis, daß man sehr wohl willkürlich von einigen Sätzen absehen kann. Die „reine“ Geometrie der Kantianer, die sich offensichtlich mit Euklid vermählt hat, erleidet dadurch mit ihren absoluten und apriorischen Wahrheiten einen Schiffbruch [1]).

Ergebnisse.

MACH erreicht folgende Ergebnisse:

1. Die Grundlage der Geometrie ist die Erfahrung.

2. Denselben geometrischen Tatsachen genügt eine Vielfachheit von Begriffen.

3. Die Vergleichung des Raumes mit anderen Mannigfaltigkeiten läßt allgemeinere Begriffe gewinnen, von denen die geometrischen nur ein Spezialfall sind; die konventionellen unüberschreitbaren Schranken der Geometrie fallen damit.

4. Durch die Verwandtschaft des Raumes mit anderen Mannigfaltigkeiten ergeben sich neue Fragen: warum ist der Raum dreidimensional, was ist er physikalisch, physiologisch, geometrisch? Worauf sind seine Eigenschaften zurückzuführen, da andere auch denkbar sind? usw.

Trotz der unberufenen Urteile der Böoter, wie GAUSS sagte, waren diese neuen Fragen fruchtbar. Aus dem reichen Material sei hier nur ein Punkt hervorgehoben.

Schon GAUSS war der Ansicht, daß die Geometrie nicht vollständig a priori zu begründen ist [2]). Ausgehend von RIEMANN zeigt MACH, wie der Beweis der fünften Euklidischen Forderung (II. Axiom) von EUKLID bis GAUSS versucht wurde, bis dieser die Unmöglichkeit einsah, und die Forderung als Erfahrungstatsache nahm. Das Fallenlassen dieser Forderung führte zur nichteuklidischen Geometrie von LOBATSCHEWSKY (1829) und BOLYAI (1833). Man hat noch andere Forderungen fallen gelassen, DE TILLY z. B. den Satz, daß zwei Gerade keinen Raum einschließen können; er gelangte so zur Geometrie der Kugelfläche und versuchte sowohl die euklidische als die nichteukli-

---

[1]) Die Allgemeingültigkeit im Sinne KROMANS widerlegt MACH Nr. 133, S. 380f.

[2]) Brief an BESSEL vom 27. Januar 1829.

dische Geometrie auf die Erfahrung zu gründen[1]). Auch MACH kam zu Räumen von verschiedener Dimensionszahl, indem er betonte, daß nichtsinnliche Dinge (z. B. Atome) nicht notwendig im sinnlichen Raum vorgestellt werden müßten.

Mit alledem ist erreicht: wohl ist der wirkliche Raum dreidimensional, aber er ist nicht anschaubar. Beginnt man seine Philosophie aber mit dem Raumbegriff, dann darf man nicht dem Euklidischen alle Autorität auf Kosten der anderen verleihen; außerdem ist dessen apriorische Qualität schlechterdings unhaltbar.

10. Die Zeit.

Von der Zeit gilt mutatis mutandis das vom Raume Gesagte mit dem Unterschiede, daß die zeitliche Abhängigkeit unmittelbar, die räumliche aber mittelbar ist. Wie der Raum, so bedeutet auch die Zeit in physikalischer Hinsicht die funktionale Abhängigkeit der durch Sinnesempfindungen charakterisierten Elemente voneinander. Im einzelnen ist das im psychologischen Teile der vorliegenden Schrift nachzulesen.

„Die Zeit des Physikers fällt nicht mit dem System der Zeitempfindungen zusammen. Wenn der Physiker eine Zeit bestimmen will, so legt er identische oder als identisch vorausgesetzte Vorgänge, Pendelschwingungen, Erdrotationen usw., als Maßstab an. Die mit der Zeitempfindung verknüpfte Tatsache wird also einer Reaktion unterworfen, und das Ergebnis derselben, die Zahl, zu der man gelangt, dient nun statt der Zeitempfindung zur näheren Bestimmung des Gedankenlaufs. Ganz ebenso richten wir unsere Gedanken über Wärmevorgänge nicht nach der Wärmeempfindung, die uns die Körper liefern, sondern nach der viel bestimmteren, welche durch die Thermometerreaktion bei Ablesung des Standes des Quecksilberfadens sich ergibt. Gewöhnlich wird an die Stelle der Zeitempfindung eine Raumempfindung (Drehungswinkel der Erde, Weg des Zeigers auf dem Uhrzifferblatt) und für die letztere wieder eine Zahl gesetzt[2]).“

---

[1]) DE TILLY, Essai sur les principes fundamentaux de la géometrie et de la mécanique. Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 1880.

[2]) Nr. 91, S. 285.

Die Zeit ist nicht umkehrbar: „Die Tatsache der Nichtumkehrbarkeit der Zeit reduziert sich darauf, daß die Wertänderungen der physikalischen Größen in einem bestimmten Sinne stattfinden. Von den beiden analytischen Möglichkeiten ist nur die eine wirklich. Ein metaphysisches Problem brauchen wir hierin nicht zu sehen[1]."

Bei KANT ist die apriorische Zeitvorstellung die Voraussetzung der Aufeinanderfolge unserer Empfindungen. Es ist aber genau umgekehrt die Folge unserer Empfindungen der Grund der Zeitvorstellung. Warum sich die Empfindungen nicht in eine Empfindung (nämlich die der Zeit) sollten einordnen können, das gibt KANT leider nicht an.

Ähnlich behauptet RIEHL[2]), die Zeitvorstellung entstehe aus dem Gegensatze des beharrenden Bewußtseins zu den fließenden Bewußtseinsinhalten. Aber um zu diesem Gegensatze gelangen zu können, muß erst diese Beharrlichkeit und Folge zum Bewußtsein gelangen, hat also die Vorstellung der Zeit zur Bedingung. WUNDT[3]) vertritt die Ansicht, die gegebene Zeitvorstellung wäre eine Verschmelzung aus Spannungs- und Lösungsgefühlen. Doch konnte die Kritik zeigen, daß WUNDT damit nur die Zeitschätzung, nicht aber die gewollte Zeitempfindung selbst getroffen hatte. STÖRRING endlich betont[4]), MACHs Zeitauffassung sei die WUNDTsche ins Physiologische übersetzt, warum er auf diese Daten nicht rekurriere? Erstens traf MACH seine Bestimmungen vor WUNDT, und dann bestehen doch wesentliche Unterschiede.

---

[1]) Nr. 91, S. 287.
[2]) A. RIEHL, Der philosophische Kritizismus. Bd. 2, S. 117ff.
[3]) WUNDT, Physiologische Psychologie. Bd. 3, S. 91ff.
[4]) STÖRRING, Einführung in die Erkenntnistheorie. Leipzig 1909, S. 244.

Die Reform der Physik.

ERNST MACHs Arbeiten auf physikalischem Gebiete lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

1. Spezialuntersuchungen.
2. Reform der physikalischen Betrachtungsweise durch historische Kritik.
3. Kritik der NEWTONschen Grundbegriffe.
4. Bestimmungen zur Atomhypothese.
5. Nachweis, daß die mechanische Naturansicht unhaltbar ist.

1. Die Spezialuntersuchungen.

MACHs pädagogisches Interesse hat sich in mannigfacher Weise bestätigt. Nicht nur widmete er seinen pädagogischen Idealen eingehende Artikel, auch seine Darstellungen einzelner Wissenschaftsgebiete sind von diesem Geiste getragen. Einen besonderen Ausdruck findet dies noch in einer großen Anzahl von Einzeluntersuchungen, die zunächst besprochen seien.

Demonstrationsapparate.

Unter der großen Anzahl von Apparaten, die MACH ersann, seien an erster Stelle diejenigen genannt, die zu Demonstrationszwecken dienen. Seine Wellenmaschine[1]) gestattet den Verlauf der Wellen bildlich nachzuahmen, ein weiterer Apparat illustriert die Schwingungsgesetze gestrichener Saiten[2]). Die Obertonleiste[3]) macht es möglich, auf einer Klaviatur sofort die Obertöne eines beliebigen Grundtons abzulesen. Den Ein-

---

[1]) Nr. 28; Nr. 32.

[2]) Nr. 38—40.

[3]) Nr. 26.

fluß der Änderung der beschleunigenden Kraft demonstriert sein Pendelapparat[1]). Die Strahlenbrechungen an Linsen lassen sich sehr rasch an seinem Apparate ablesen: in einem raucherfüllten Glaskasten stehen farbige Linsen, so daß die gebrochenen und ungebrochenen Strahlen in ihrer Richtung sofort gesehen werden.

Denselben Zweck verfolgen übersichtliche Nachschlagetabellen komplizierter Gebiete. Vor allem erwähne ich da die Tabelle der Kombinationstöne[2]) und der Polarisationsarten des natürlichen Lichts.

Ferner zeigt sich diese pädagogische Ader in zahlreichen Lehrbüchern der Physik für alle Stufen und Arten von Schulen, die in den Deutsch sprechenden Ländern die gangbarsten sind. Zum Teil hat MACH sie gemeinsam mit anderen Autoren verfaßt[3]).

Optisch-akustische Versuche.

Das erste größere Problem, das MACH wiederholt in Angriff nahm, ist die Ton- und Farbenänderung durch Bewegung. Dabei knüpft er an die Kontroverse zwischen DOPPLER und PETZVAL an, bringt das Problem zugunsten von DOPPLER zum Abschluß und fügt selbst neue Momente hinzu[4]). Diese Versuche, die ihn nun nicht mehr loslassen, werden in den folgenden Jahren weitergeführt. Eine Zusammenfassung der früheren Arbeiten bringt Nr. 56. Mehr wie bei anderen physikalischen Fragen liegt es beim DOPPLERschen Prinzip nahe, den physiologischen und psychologischen Anteil zu bestimmen, weil er mehr als gewöhnlich ins Gewicht fällt.

MACH verdanken wir die erste stroboskopische Darstellung der Luftschwingungen; von ihm rührt auch die Mehrzahl der stroboskopischen Methoden her.

Die ursprüngliche Methode PLATEAUs entzog dem Auge periodisch den Anblick des bewegten Körpers, indem zwischen Auge und Körper eine Scheibe mit Spalten rotierte. TOEPLER beleuchtete nach dem Vorschlage DOPPLERs den schwingenden

---

[1]) Nr. 36; Nr. 37.
[2]) Nr. 26, S. 58.
[3]) Nr. 9, 95, 104, 105, 138.
[4]) Nr. 56, S. 14, 25f., 30, 33.

Körper, und zwar eine Saite, intermittierend. MACH setzte an die Stelle der rotierenden Scheibe eine Unterbrechungsstimmgabel von großer Exkursionsweite. Erst dadurch wurde es möglich, die Geschwindigkeit praktisch und technisch in geeigneter Weise zu regulieren.

TOEPLER und BOLTZMANN verwendeten dann eine elektromagnetisch schwingende Stimmgabel, deren Zinken Aluminiumschirme mit Spalten tragen. Damit machte MACH die Luftschwingungen in einer Pfeife sichtbar. Das Sonnenlicht passiert das Stimmgabeldiaphragma, wird dann durch die Linse parallel gerichtet und hierauf längs durch eine horizontal liegende Orgelpfeife geführt, die auf die Gabel abgestimmt ist. Diese Orgelpfeife ist in der Mitte an der Stelle der Knotenfläche durch eine Membran geteilt; die schlaff gespannte Membran beeinflußt den Ton wenig, verhindert jedoch den Luftstrom. Zwischen Pfeifenöffnung und Membran an der oberen Innenwand der Pfeife ist ein Platindraht gespannt, der galvanisch erhitzt werden kann. Damit man die Vorgänge zu beobachten vermag, sind die vertikalen Pfeifenwände von der Membran an bis zum offenen Ende aus Glas, während die übrigen Teile aus Holz verfertigt sind. Der Platindraht wird mit konzentrierter Schwefelsäure benetzt, wobei sich dann Tröpfchen in gleichen Abständen bilden. Wird der Platindraht galvanisch erhitzt, so bilden die Säureteilchen feine Dampflinien, die quer (vertikal) durch die Pfeife stroboskopisch schwingen, wenn der Ton erklingt.

MACH arbeitete auch mit KÖNIGschen Brennern, deren kleine Flammen aufleuchten, wenn sie durch den Luftstrom erregt werden. Durch Bewegung von Stimmgabeln usw., die auf die Pfeife gestimmt sind, werden die Flämmchen stroboskopisch sichtbar gemacht. Will man die Luftschwingungen in der Pfeife beobachten, so legt man die obige Pfeifenkonstruktion horizontal vor die gleichgestimmte Beleuchtungspfeife; deren Flammen betrachtet man durch die erste Pfeife, wobei dann die Dampflinien der Schwefelsäure schwingend gesehen werden.

Die Bewegung der oben schon erwähnten Unterbrechungsgabel machte MACH sinnlich beobachtbar durch einen Lichtstrahl, der eine auf und ab bewegte Linse im Fensterladen passierte, die Stimmgabel mit ihrem Spaltschirm durchläuft und dann mit

einem Planspiegel auf die Unterbrechungsgabel zurückgeworfen wird. Natürlich können mit dieser Methode auch Körper untersucht werden, die von der Unterbrechungsgabel in Schwingung versetzt werden.

Im einzelnen muß ich auf die Originalabhandlung weisen, wo weitere Versuche angeführt sind[1]).

Die von DOPPLER festgestellte Tatsache, daß die Tonhöhe durch Bewegung (wie die Farbe) verändert wird, gestattet ein Apparat MACHs[2]) im Zimmer nachzuprüfen, während man sonst immer nur von der Eisenbahn aus beobachtete. Eine etwa 4 m lange hohle Holzleiste, die um ihre vertikale Achse drehbar ist, trägt am Ende eine kleine Zungenpfeife. Dieses ganze System ruht in einer Röhre, durch die die Pfeife angeblasen wird, während die Holzleiste mit Pfeife im horizontalen Kreise gedreht wird. Bei der Entfernung der Pfeife vom Beobachter sinkt die Tonhöhe, bei der Annäherung steigt sie. Statt der Pfeife verwendete MACH auch eine Stimmgabel.

Der Bau der Wellen.

Zunächst untersuchte MACH den Bau von Gasstrahlen, die aus einer kleinen Öffnung strömen. Dabei verwendete er den Schlierenapparat und den von seinem Sohne LUDWIG MACH konstruierten Interferenzrefraktometer. Seine Photographien ergaben, daß die Gasstrahlen recht kompliziert gebaut sind[3]).

Daran schloß er Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Schallwellen, Explosionswellen und solchen Wellen, die durch den elektrischen Funken erzeugt werden. Er erhielt dabei das überraschende Ergebnis, daß der Wert der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in unmittelbarer Nähe des Entstehungsortes bedeutend größer war als der Mittelwert (340 m), nämlich bis zu 756 m pro Sekunde[4]).

Das wendete er dann auf fliegende Geschosse an. Die Luftverdünnungen und -verdichtungen werden nach der Schlierenmethode photographisch aufgenommen. Durch einen sinnreichen

[1]) Nr. 56.
[2]) Nr. 2; Nr. 79.
[3]) Nr. 101, 102, 127.
[4]) Nr. 75, 76.

Mechanismus löst das fliegende Projektil die ganze Apparatur im rechten Momente aus. Es zeigt sich da eine Kopfwelle (Verdichtung der Luft vor dem Geschoß) und eine Schwanzwelle (Luftwirbel hinten im Schußkanal). Das Projektil verhält sich also wie ein Schiff im Wasser, aber nur, wenn das Geschoß eine größere Geschwindigkeit aufweist (330 m/sec.) als die Schallgeschwindigkeit. Die Kopfwelle wird als Knall gehört. Nach MACH gibt es aber einen doppelten Knall: der erste am Ziel gehörte (Knall des Geschosses) fliegt mit dem Projektil, der zweite (Donner des Geschützes) rührt von der Pulvergasentwicklung her, was schon den Artilleristen als Rätsel aufstieß. Auf den Schießplätzen von Pola und Meppen konnte MACH, was glänzend bestätigt wurde, die Differenz der beiden Schallphänomene nachweisen [1]).

Die Schallwellen, die durch einen elektrischen Funken oder durch Explosion ausgelöst werden, zeigen eine Interferenz. Die Erschütterung fegt auf einer berußten Glasplatte Figuren weg und häuft den Ruß an anderen Stellen an, ähnlich wie das bei den Klangfiguren und in KUNDTschen Röhren zu beobachten ist. Nach MACHs Ergebnissen entsteht eine neue Welle, wenn zwei Wellen sich unter sehr spitzem Winkel ihrer Fortpflanzungsrichtung treffen, und diese neue Welle schreitet selbständig im alten Wellenzuge fort. Er konnte auch die anfänglich sehr große Geschwindigkeit der Funkenwelle — die mit der Ausbreitung rasch abnimmt — innerhalb weniger Zentimeter messen. Sein Maßprinzip beruht auf einer rotierenden berußten Scheibe, deren Umdrehungsgeschwindigkeit er durch einen ebenfalls von ihm stammenden Apparat bestimmte. Dieser fußt in der optischen Vergleichung einer bewegten Stimmgabel. Die unberußte Seite der rotierenden Scheibe hat zwei archimedische Spiralen, die durch einen Spalt auf dem Spiegel der vertikal schwingenden Stimmgabel betrachtet werden [2]).

Mit Hilfe der MÜLLERschen Streifen untersuchte MACH den Gangunterschied der Lichtkomponenten in einem tönenden Glasstabe und in einem durch Gewichte gedehnten Glasstab. Er fand, daß der Gangunterschied geändert wird, und daß die

[1]) Nr. 54, 55, 75, 94, 99, 100—103, 106—109, 116, 120; Kapitel XVIII, 124.
[2]) Nr. 71, 76—82.

Drucke beträchtlich steigen, so daß das Springen von Glas beim starken Tönen begreiflich wird. Hier sind noch einige andere Versuche anzugliedern[1]).

Zum Studium der Lichtwellen konstruierte er den Polarisationsapparat mit rotierendem Analysator, der nacheinander auftretende Erscheinungen gleichzeitig zeigt. Mit ihm nahm er Versuche über die spektrale Zerlegung der Polarisationsfarben achsenparalleler Kristallplatten vor, wobei sich die bekannten bunten Erscheinungen einstellen[2]).

Gewisse Körper weisen eine anomale Farbenzerstreuung und somit eine Änderung der Farbenreihenfolge im Spektrum auf. Als erster wies KUNDT auf die Absorption der Strahlen als Ursache dieser Erscheinung. Am KUNDTschen Verfahren (Methode der gekreuzten Prismen) brachte MACH eine Abänderung dahin an, daß er eine doppelte Reflexion innerhalb zweier gekreuzter Prismen verwendete[3]).

Aus der großen Reihe von Arbeiten möchte ich noch die photographischen Verfahren herausheben, die gestatten, körperliche Gegenstände halbdurchsichtig sowohl in ihrer äußeren Unversehrtheit als in innerer Beschaffenheit im Bilde zu sehen. Diese Methode ist für die Medizin und Technik, wie für alle Demonstrationszwecke von ganz erheblicher Bedeutung[4]). Dieses Verfahren änderte er mit seinem Sohne LUDWIG so um, daß die wachsende Pflanze mit den Wachstumserscheinungen auf ein photographisches Bild kommt.

2. Die historische Kritik.

Die Eigenart MACHs, mit einem Blicke Physik und Physiologie zu fassen, verhindert ihn naturgemäß ein System der Physik zu geben. Auch seine pädagogischen Ansichten verlangen etwas anderes: „Ich wäre zufrieden, wenn jeder Jüngling einige wenige mathematische oder naturwissenschaftliche Entdeckungen sozusagen miterlebt und in ihren weiteren Konse-

---

[1]) Nr. 50, 56, 107.

[2]) Nr. 56.

[3]) Nr. 56, 49, 69, 70.

[4]) Nr. 96, 97, 120; Kapitel IX und X, 122, 123.

quenzen verfolgt hätte. Der Unterricht würde sich da vorzüglich und natürlich an die ausgewählte Lektüre der großen naturwissenschaftlichen Klassiker anschließen[1])." Er, dem das Wissen nur als Tat und als Mittel zum Erwerben von Neuem etwas bedeutet, kann sich bei dem unpersönlichen System nicht bescheiden, und so wählt er die historisch-kritische Betrachtungsweise. In diesem Sinne bearbeitete er die Mechanik, Wärmelehre, Optik, Akustik, Elektrizität und viele Spezialprobleme. Dabei leitet ihn das Prinzip der Ökonomie, d. h. er sucht mit dem Minimum an Voraussetzungen sein Auskommen zu finden.

Gemäß der philosophischen Ansicht ist die Darstellung phänomenologisch. Das wird besonders deutlich in der Wärmelehre. Die kinetische Gastheorie, die ja auf materialistischer Grundlage ruht, ist dort ganz ausgeschaltet; die einzelnen Gesetze werden nicht aus unsichtbaren Atombewegungen abgeleitet, wie dies bei MAXWELL der Fall ist, sondern aus der Bewegung sichtbarer Volumelemente. Diese ihrerseits lassen sich wieder bequem phänomenologisch analysieren, so daß MACH ohne transzendente Realität auskommt. Damit sind die erkenntnistheoretischen Voraussetzungen ausgeschaltet.

Dagegen spielt in den genannten Darlegungen die Erkenntnispsychologie die wesentliche Rolle: MACH sieht zu, wie jeder Forscher zu seinen Ergebnissen gelangte, motiviert Wege und Umwege, und zieht daraus lehrreiche Folgerungen. Er erreicht damit ein pädagogisch leichteres Verständnis, trennt das Wesentliche von dem Unökonomischen, zeigt die charakteristischen Entwicklungslinien auf und entfernt die unnötigen Zutaten.

Aus dieser historischen Kritik entspringt sowohl eine allgemeine Klärung der Physik, wie eine Revision ihrer Grundbegriffe, als auch seine ganze Philosophie. Natürlich kann all das hier nicht besprochen werden, da es nur klassische Darlegungen mit anderen Worten wiederholen hieße.

Nicht alles hat MACH jedoch selbst fortgeführt: so gab er das Programm einer Mechanik ohne den Kraftbegriff im Jahre 1883, die dann unabhängig von ihm HEINRICH HERTZ im Jahre 1894 schrieb. Vor RIEMANN finden wir bei MACH ähn-

---

[1]) Nr. 120, S. 340.

liche Bestimmungen über den Raum ausgesprochen. Im Jahre 1909 faßte MACH sein Programm zusammen: „Ich steure also auf das Prinzip der Relativität los, welches auch in ‚Mechanik' und ‚Wärmelehre' festgehalten wird“ [1]). MACH ist danach durchaus als physikalischer Relativist zu bezeichnen.

MACH wurde heftig angegriffen, daß er sich in seinen Werken der deutschen Sprache schlechthin sowie der üblichen physikalischen Terminologie bediene, anstatt sich seiner Elementenlehre entsprechend auszudrücken. Die Terminologie der Physik, das übersahen die MACH-Gegner, kann sich nach keiner Philosophie richten. Physiker, die auf KANTs Seite stehen, bedienen sich ja auch nicht lediglich der KANTschen Terminologie. Das bekannte Beispiel, das NAPOLEONs Wirken in der Schlacht bei Jena nur mit psychologischen Fachausdrücken beschreibt, wird wohl jeden vor solchen Unmöglichkeiten und Geschmacklosigkeiten bewahren.

3. Die Kritik der physikalischen Grundbegriffe.

Aus dieser historischen Kritik wächst von selbst auch eine Kritik der Grundbegriffe hervor.

Vornehmlich handelt es sich dabei um NEWTONs Grundbegriffe. Die Ansicht, wer KANT annehme, erhalte damit implizite die NEWTONschen Bestimmungen, ist sehr verbreitet. Besonders traten dafür ein: HERMANN COHEN [2]), AUGUST STADLER [3]), FRIEDRICH ALBERT LANGE [4]), KUNO FISCHER [5]). Dieser Ansicht ist auch MACH. Neuerdings trat RIEHL [6]) auf Grund der KANTschen Nachlaßpapiere dieser Auffassung entgegen. Eine eingehende Kritik dieser Frage gab ich an anderem Orte [7]), wo die Unvereinbarkeit KANTs mit der modernen Naturwissenschaft deutlich wurde; hier darf ich mich darauf beziehen.

---

[1]) Nr. 137, Anmerkung.
[2]) HERMANN COHEN, KANTs Theorie der Erfahrung. Berlin 1885.
[3]) A. STADLER, KANTs Theorie der Materie. Leipzig 1883.
[4]) F. A. LANGE, Geschichte des Materialismus.
[5]) KUNO FISCHER, KANT und seine Lehre. Heidelberg 1898.
[6]) A. RIEHL, Der philosophische Kritizismus. Bd. 1. Leipzig 1908.
[7]) HANS HENNING, KANTs Nachlaßwerk. Bongard, Straßburg 1912.

NEWTON stellte 8 Definitionen auf, welchen 3 Gesetze (Axiome) mit 6 Zusätzen folgen.

Die erste Definition betrifft die Masse: „Die Menge der Materie wird durch ihre Dichtigkeit und ihr Volum vereint gemessen. Diese Menge der Materie werde ich im folgenden unter dem Namen Körper oder Masse verstehen, und sie wird durch das Gewicht des jedesmaligen Körpers bekannt. Daß die Masse dem Gewicht proportional sei, habe ich durch sehr genau angestellte Pendelversuche gefunden, wie später gezeigt werden wird."

Im Gegensatz dazu behauptet MACH, dies sei nur eine Scheindefinition. NEWTON definiert die Masse als das Produkt des Volums und der Dichte; da aber die Dichte ihrerseits definitiv nur die Masse der Volumeinheit vorstellt, wird der Zirkel klar, der weder den Massenbegriff noch den der Dichte deutlich macht.

Die zweite NEWTONsche Definition ist ein einwandfreier Rechenausdruck für die Messung der Bewegungsgröße.

Die dritte Definition betrifft die Trägheit. Nach MACHs Ansicht wird sie durch die Kraftdefinitionen 4—8 überflüssig, die man ihrerseits bequemer in eine einzige fassen könnte.

Die drei Gesetze (Axiome) lauten bei NEWTON:

„1. Gesetz: Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.

2. Gesetz: Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt.

3. Gesetz: Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich, oder die Wirkung zweier Körper aufeinander sind stets gleich und von entgegengesetzter Richtung."

Nach MACH ist das erste und zweite Gesetz durch die Kraftdefinition bereits gegeben; es enthält außerdem eine Tautologie. Gesetz 3 bleibt ohne den richtigen Massenbegriff unverständlich, mit ihm aber wird es unnötig.

NEWTONs Zusatz 1 betrachtet die Beschleunigungen, die mehrere unabhängige Körper einem einzelnen mitteilen. Nach MACH ist dieses etwas Neues; formal beanstandet er, daß es nicht aus der Erfahrung abgeleitet, sondern als selbstverständ-

lich gegeben wird. Zusatz 2—8 sind Anwendungen und mathematische Deduktionen aus dem früheren.

Nun kommen NEWTONs Bestimmungen über Raum und Zeit, denen wir bereits im philosophischen Teile begegneten. MACH ist nicht der einzige abtrünnige Physiker. So nennt G. KIRCHHOFF die Kraft ein bloßes Wort für Masse mal Beschleunigung, H. HERTZ ersinnt eine Mechanik ohne Kraftbegriff, bei H. POINCARÉ wird Kraft eine Funktion des Ortes, der Zeit und der Geschwindigkeit, JAUMANN meidet den odiosen Namen überhaupt, usf.

NEWTON sagt nun: „Zeit, Raum, Ort und Bewegung als allen bekannt, erkläre ich nicht . . ." Da man sie gewöhnlich mit Beziehung auf die Sinne auffasse, unterscheide er „absolute und relative, wahre und scheinbare, mathematische und gewöhnliche . . ."

„I. Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgend einen äußeren Gegenstand. Sie wird auch mit dem Namen Dauer belegt.

Die relative, scheinbare und gewöhnliche Zeit ist ein fühlbares und äußerliches, entweder genaues oder ungleiches Maß der Dauer, dessen man sich gewöhnlich statt der wahren Zeit bedient, wie Stunde, Tag, Monat, Jahr.

. . . Es ist möglich, daß keine gleichförmige Bewegung existiert, durch welche die Zeit genau gemessen werden kann, alle Bewegungen können beschleunigt oder verzögert werden, allein der Verlauf der absoluten Zeit kann nicht geändert werden. Dieselbe Dauer und dasselbe Verharren findet für die Existenz aller Dinge statt, mögen die Bewegungen geschwind, langsam oder Null sein."

Im wesentlichen läuft alles auf folgendes Argument hinaus: bei einer Pendelmessung ist der Bezugskörper gleichgültig. Jedoch ist damit noch nicht gesagt, daß ein solcher überhaupt nicht nötig sei: „Weil ein Papiergulden nicht notwendig durch einen bestimmten Münzgulden fundiert sein muß, sondern durch einen beliebigen Münzgulden fundiert sein kann, so darf man nicht glauben, daß er gar nicht fundiert zu sein braucht" [1]). Weiter-

[1]) Nr. 137, S. 48.

hin wendet MACH ein: „Wir sind ganz außerstande, die Veränderungen der Dinge an der Zeit zu messen. Die Zeit ist vielmehr eine Abstraktion, zu der wir durch die Veränderung der Dinge gelangen, weil wir auf kein bestimmtes Maß angewiesen sind, da eben alle untereinander zusammenhängen ... Eine Bewegung kann gleichförmig sein in bezug auf eine andere. Die Frage, ob eine Bewegung an sich gleichförmig sei, hat gar keinen Sinn. Ebensowenig können wir von einer „absoluten Zeit" (unabhängig von jeder Veränderung) sprechen. Diese absolute Zeit kann an gar keiner Bewegung abgemessen werden, sie hat also auch gar keinen praktischen und auch keinen wissenschaftlichen Wert; niemand ist berechtigt zu sagen, daß er von derselben etwas wisse, sie ist ein müßiger ‚metaphysischer' Begriff[1])."

NEWTON gibt über Raum und Zeit folgende Bestimmungen:

„II. Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand stets gleich und unbeweglich. Der relative Raum ist ein Maß oder beweglicher Teil des ersteren, welcher von unseren Sinnen, durch seine Lage gegen andere Körper bezeichnet und gewöhnlich für den unbeweglichen Raum genommen wird.

IV. Die absolute Bewegung ist die Übertragung des Körpers von einem absoluten Orte nach einem anderen absoluten Orte, die relative Bewegung, die Übertragung von einem relativen Orte nach einem anderen relativen Orte . . . So bedienen wir uns, und nicht unpassend, in menschlichen Dingen statt der absoluten Orte und Bewegung der relativen, in der Naturlehre muß man hingegen von den Sinnen abstrahieren. Es kann nämlich der Fall sein, daß kein wirklich ruhender Körper existiert, auf welchen man die Orte und Bewegungen beziehen könnte . . .

. . . Die wirkenden Ursachen, durch welche absolute und relative Bewegungen voneinander verschieden sind, sind die Fliehkräfte von der Achse der Bewegung. Bei einer nur relativen Kreisbewegung existieren diese Kräfte nicht, aber sie sind kleiner oder größer, je nach Verhältnis der Größe der (absoluten) Bewegung." NEWTON stützt dies durch den bekannten Ver-

---

[1]) Nr. 87, S. 238.

such der Drehung eines an einem Faden aufgehängten Gefäßes Wasser[1]).

MACH hält dagegen, daß absoluter Raum und absolute Bewegung nicht aufzeigbar sind. Niemand ist berechtigt, die relativen Sätze der Mechanik über die Grenzen der Erfahrung hinaus auszudehnen, ja dies ist sinnlos, da es nicht anwendbar ist[2]). Wenn der Körper K unter dem Einfluß K′ Richtung und Geschwindigkeit ändert, so können wir dies nur an A B C ... messen. Von A B C ... können wir nicht absehen, da wir dann nicht wüßten, wie K sich benimmt, und wir dies auch nicht beurteilen könnten. Der Gravitationssatz sagt ja nicht nur aus, daß K und K′ die Beschleunigungen $\varkappa \frac{m + m'}{r^2}$ erleiden, sondern daß K: $\frac{-\varkappa m'}{r^2}$ und K′: $\frac{+\varkappa m}{r^2}$ nach der Richtung der Verbindungslinien erleidet, was nur durch A B C ... gemessen werden kann. Wohl ist gleichgültig, welche Körper A B C ... sind, denn sie sind vertauschbar. Damit ist aber nicht gesagt, daß gar keine nötig sind.

Wäre der absolute Raum ein bewegungsbestimmendes Medium, was NEWTON aber nicht annahm, dann könnte, das gibt MACH zu, A B C ... fortfallen. Nachweislich ist die Luft dieses Medium nicht. Die Hydrodynamik beweist, das dies nicht unmöglich sei; allein über ein solches Medium wissen wir nichts[3]). Ebensowenig kann nach den Messungen MICHELSONs der Äther den absoluten Maßstab abgeben. Hiermit fällt das letzte Bollwerk der absoluten Auffassung, während das Relativitätsprinzip zur unbestrittenen Geltung gelangt.

Und so behauptet MACH: „Relativ sind die Bewegungen im Weltsystem, von dem unbekannten und unberücksichtigten Medium des Weltraumes abgesehen, dieselben nach der Ptolemäischen und nach der Kopernikanischen Auffassung. Beide Auffassungen sind auch gleich richtig, nur ist die letztere einfacher und

[1]) In Nr. 87, S. 242 zitiert. MACHS Ablehnung der NEWTONschen Deutung ebenda S. 246f.

[2]) Nr. 87, S. 243f.

[3]) PAUL GERBER, Zeitschr. f. Math. u. Phys., Bd. 43, Heft 2, S. 93ff. W. WIEN, Arch. Néerl. La Haye 1900, Nr. 5, S. 96ff.

praktischer. Das Weltsystem ist uns nicht zweimal gegeben mit ruhender und rotierender Erde, sondern nur einmal mit seinen allein bestimmbaren Relativbewegungen"[1]). Die Abplattung der Pole, die Drehung der Schwingungsebene des FOUCAULTschen Pendels beweist absolute Rotation nur, wenn man von der Vorstellung des absoluten Raumes ausgeht[2]). Auf dem Boden der Tatsachen kennt man nur relative Räume und Bewegungen[3]). NEWTON selbst stellt dies in den zitierten Stellen ja auch als wahrscheinlich hin. Wollten wir behaupten, daß wir mehr kennen, sagt MACH, so wäre das eine Unehrlichkeit.

Außer den Einwänden gegen den undeutlichen Massenbegriff führt MACH noch folgende an: NEWTON verwendet die Begriffe Materie und Kraft, wie sie eben vorlagen, ohne jede weitere Kritik[4]). Dabei stützen sich die Aufstellungen über die Masse und das Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung gegenseitig. Ferner bietet NEWTONs „Menge der Materie" als Erklärung für die Masse keinen Inhalt, auch dann nicht, wenn man Atome zählt. Denn wenn die Atome chemisch verschieden sind, so bleibt es erklärungsbedürftig, wieso verschiedenen Körpern noch etwas mit demselben Maß Meßbares übrig bleibt, das wir Menge der Materie nennen könnten. Wenn NEWTON für den Gewichtsdruck setzt $p = mg$ und $p' = m'g'$; $\frac{p}{p'} = \frac{m}{m'}$, „so liegt hierin schon die erst zu rechtfertigende Voraussetzung der Meßbarkeit verschiedener Körper mit demselben Maß. Wir könnten auch willkürlich festsetzen $\frac{m}{m'} = \frac{p}{p'}$, d. h. das Massenverhältnis definieren als das Verhältnis des Gewichtsdruckes bei gleichem g. Dann bliebe aber der Gebrauch zu begründen, welcher von diesem Massenbegriff im Gegen-

[1]) Nr. 87, S. 245.

[2]) Beim Laien ist es meist die irrtümliche und zudem materialistisch gefärbte Ansicht, die Sonne ruhe absolut, die zur Verurteilung des PTOLEMÄUS führt.

[3]) Vgl. NEISSER, PTOLEMÄUS oder KOPERNIKUS? Eine Studie über die Bewegung der Erde und über den Begriff der Bewegung. Natur- und kulturphilos. Bibliothek, Bd. 7, 1907.

[4]) ROSENBERGER, NEWTON und seine physikalischen Prinzipien, Leipzig 1895, S. 192.

wirkungsprinzip und bei anderen Gelegenheiten gemacht wird“ [1]). Wir müssen wissen, sagt MACH, wenn die Körper in Form, chemischer Beschaffenheit usw. verschieden sind, daß es darauf bei der Feststellung von Beschleunigungserteilung nicht ankommt. „Ist uns aber einmal durch mechanische Erfahrung die Existenz eines besonderen beschleunigungsbestimmenden Merkmals der Körper nahegelegt, so steht nichts im Wege, willkürlich festzusetzen: Körper von gleicher Masse nennen wir solche, welche aufeinander wirkend sich gleiche, entgegengesetzte Beschleunigungen erteilen [2]).“

Sofort untersucht MACH selbst, welche Einwendungen man gegen die Klarheit seines Massenbegriffes machen kann: „Wenn wir B als Vergleichskörper (als Einheit) wählen, werden wir für C den Massenwert $\frac{m'}{m}$, für D den Wert $\frac{m''}{m}$ erhalten, oder werden sich etwa ganz andere Werte ergeben?“ d. h. aber: „Werden zwei Körper B C, welche sich in Gegenwirkung mit A als gleiche Massen verhalten haben, auch untereinander als gleiche Massen verhalten? Es besteht durchaus keine logische Notwendigkeit, daß zwei Massen, die einer dritten gleich sind, auch untereinander gleich seien [3]). Denn es handelt sich hier um keine mathematische, sondern um eine physikalische Frage ... Wir legen die Körper A, B, C in solchen Gewichtsmengen a, b, c nebeneinander, in welchen sie in die chemischen Verbindungen A B und A C eingehen. Es besteht nun gar keine logische Notwendigkeit, daß in die chemische Verbindung B C auch dieselben Gewichtsmengen b c der Körper B C eingehen. Das lehrt aber die Erfahrung ... Das kann aber niemand wissen, ohne es versucht zu haben. Ebenso verhält es sich mit den Massenwerten der Körper.“

MACHs Massenbegriff erübrigt die Aufstellung des Gegenwirkungsprinzipes; die Meßbarkeit der Masse durch das Gewicht kann daraus abgeleitet werden. Eine interessante Perspektive

---

1) Nr. 87, S. 230f.

2) Nr. 87, S. 231.

3) Auch in anderer Hinsicht: sie können bei gleicher Masse verschieden gefärbt, chemisch verschieden, durch festhaltende Fäden lokomotorisch verschieden sein; usw.

sei hier nicht übergangen: Der Massenbegriff ist keine Theorie, sondern eine Erfahrung, die sich bewährte: „Es ist sehr unwahrscheinlich, aber nicht unmöglich, daß er in Zukunft erschüttert wird, so wie die Vorstellung der unveränderlichen Wärmemenge, die ja auch auf Erfahrungen beruhte, durch neue Erfahrungen sich modifiziert hat [1]."

Auf diesem Massenbegriff fußend ersetzt MACH die NEWTONschen Bestimmungen durch 3 Erfahrungssätze und 2 Definitionen, denen man weitere, aber entbehrliche folgen lassen könne. Sie lauten:

„a) Erfahrungssatz. Gegenüberstehende Körper bestimmen unter gewissen, von der Experimentalphysik anzugebenden Umständen einander entgegengesetzte Beschleunigungen nach der Richtung ihrer Verbindungslinie. (Der Satz der Trägheit ist hier schon eingeschlossen.)

b) Definition. Das Massenverhältnis zweier Körper ist das negative umgekehrte Verhältnis der gegenseitigen Beschleunigungen.

c) Erfahrungssatz. Die Massenverhältnisse sind von der Art der physikalischen Zustände der Körper (ob dieselben elektrische, magnetische usw. sind), welche die wechselseitige Beschleunigung bedingen, unabhängig, sie bleiben auch dieselben, ob sie mittelbar oder unmittelbar gewonnen werden.

d) Erfahrungssatz. Die Beschleunigungen, welche mehrere Körper ABC... an einem Körper K bestimmen, sind voneinander unabhängig. (Der Satz des Kräfteparallelogramms folgt hieraus unmittelbar.)

e) Definition. Bewegende Kraft ist das Produkt aus dem Massenwert eines Körpers in die an demselben bestimmte Beschleunigung [2]."

NEWTON baut die Dynamik auf die Statik; für MACH ist die Statik ein Spezialfall der Dynamik. Der grundlegendste Unterschied fußt aber darin, daß die NEWTONsche Richtung die absoluten Größen beibehält, was sich nicht halten läßt.

Das Trägheitsgesetz formuliert NEWTON folgendermaßen: „Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi

[1] Nr. 87, S. 236.

[2] Nr. 87, S. 268.

uniformiter in directum nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.“ (Axiomata sive leges motus I.) Im übrigen sind wir den absoluten Größen NEWTONs schon vorher begegnet.

KANT stellt einen absoluten Schwerpunkt des Weltalls fest, womit er über NEWTON hinausgeht: „Wenn man in dem unermeßlichen Raume, darin sich alle Sonnen der Milchstraße gebildet haben, einen Punkt annimmt, um welchen, ich weiß nicht aus was für einer Ursache, die erste Bildung der Natur aus dem Chaos angefangen hat, so wird daselbst die größte Masse, und ein Körper von der ungemeinsten Attraktion entstanden sein, der dadurch fähig geworden, in einer ungeheuren Sphäre um sich alle in der Bildung begriffene Systeme zu nötigen, sich gegen ihn, als ihren Mittelpunkt zu senken und um ihn ein gleiches System im ganzen zu errichten, als derselbe elementarische Grundstoff, der die Planeten bildete, um die Sonne im kleinen gemacht hat[1]).“

Ähnlich wie KANT nimmt CARL NEUMANN[2]) die Existenz eines absolut starren Körpers α an bestimmtem Orte im Raume an, auf dessen Mittelpunkt alle physikalischen Bewegungen zu beziehen sind. Die Möglichkeit, den Körper α astronomisch zu bestimmen, wodurch er erst physikalischer Messung zugänglich wird, bestreitet MACH mit Recht[3]).

LUDWIG LANGE[4]) gab eine gute historische Erörterung des Trägheitsproblems, der absoluten Bewegung und ihrer Bezugskörper. Neuerdings[5]) weist er selbst einen Weg, wie ein Bezugskoordinatensystem zu gewinnen wäre, wenn die jetzige

---

[1]) KANT, Naturgeschichte des Himmels. Werke, Ed. Rosenkranz, Bd. 6, S. 152.

[2]) CARL NEUMANN, Über die sogenannte absolute Bewegung. BOLTZMANN-Festschrift. — Über die Prinzipien der GALILEI-NEWTONschen Theorie. Leipzig 1870. — Gegen ihn zieht die relativistischen Konsequenzen J. B. STALLO, Die Begriffe und Theorien der modernen Physik. Leipzig 1901, S. 201—212.

[3]) Nr. 137, S. 47ff.; Nr. 87, S. 262 u. a.

[4]) LUDWIG LANGE, Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffes und ihr voraussichtliches Endergebnis. Leipzig 1886. — Sitzber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1885; Philos. Studien, Bd. 2 u. 3.

[5]) Philos. Studien, 1902, Bd. 20.

rohe Beziehung auf den Fixsternhimmel unzureichend würde. Diesen mathematischen Bestimmungen tritt auch MACH bei, indes betont er, daß der LANGEsche Ausdruck sich bei ausreichender Bewegung der Fixsterne physikalisch bewähren würde, glaube er nicht[1]. Der Philosoph kommt hier aber keinesfalls auf seine Rechnung, denn in der Annäherung an eine relative Fiktion des Absoluten darf er das Absolute selbst nicht sehen.

Auf dieser Entwicklungsstufe des Problems, sich mit einer Annäherung zu begnügen, stehen P. VOLKMANN[2], G. HEYMANS[3], HÖFLER[4], POSKE[5], STREINTZ[6], PETZOLD[7] und H. VON SEELIGER[8]. MACH setzt sich mit allen diesen Autoren auseinander[9] und findet, daß alle nicht zu der praktischen Feststellung der absoluten Bewegung gelangen. Ohne die Frage ins Lächerliche ziehen zu wollen, erinnert er sich der Anfrage eines Herrn, der „in vollem Ernste diskutierte, ob eine Elle Tuch, von der man träumt, so lang sei wie eine wirkliche Elle Tuch. — Sollte man wirklich die Traumelle als Normalmaß in die Mechanik einführen wollen“[10]? Und in der Tat, was nützt der erklügelte absolute Bezugskörper der Physik, wenn der Physiker nichts daran messen kann? „Für mich, sagt MACH, gibt es überhaupt nur relative Bewegung[11].“ Schon im Jahre 1868 betonte er, daß in NEWTONs Fassung des Trägheitsgesetzes nicht gesagt wird, „gegen welche Körper die Richtung und Geschwindigkeit des bewegten Körpers gemeint ist[12]“. Er wies

---

[1]) Die Konstanz des Absoluten ist also nur so groß wie die Unbeweglichkeit der Fixsterne.

[2]) P. VOLKMANN, Über NEWTONS Philosophia naturalis. Königsberg 1905.

[3]) G. HEYMANS, Die Gesetze und die Elemente des wissenschaftlichen Denkens. Leipzig 1905.

[4]) HÖFLER, Studien zur gegenwärtigen Philosophie der mathematischen Mechanik. Leipzig 1900. S. 120ff.

[5]) POSKE, Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos., 1884, S. 385.

[6]) STREINTZ, Die physikalischen Grundlagen der Mechanik. Leipzig 1883.

[7]) PETZOLD, Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos., Bd. 19, S. 146, 188.

[8]) v. SEELIGER, Über die sogenannte absolute Bewegung. Ber. d. Münchener Akad. d. Wiss., 1906.

[9]) Nr. 87, S. 286—302.

[10]) Nr. 87, S. 298.

[11]) Nr. 87, S. 252.

[12]) Nr. 137, S. 47ff.

auch nach, daß eine Ableitung des Trägheitssatzes aus allgemeineren Prinzipien wie dem der Kausalität nicht möglich ist, was KROMAN[1]) behauptete. Auf zwei Wegen nur läßt sich das Problem lösen: entweder alle Bewegung wird als absolut angenommen (NEUMANN), oder man ändert die fehlerhafte Formulierung des Trägheitssatzes (MACH).

1909 bekennt er, daß er auf das Relativitätsprinzip lossteure. Dieses wurde von H. A. LORENTZ[2]) vorbereitet, von A. EINSTEIN[3]) aufgestellt, die Verarbeitung in ein mathematisches System verdanken wir H. MINKOWSKI[4]).

FIZEAU[5]) stellte bereits fest, daß für elektrodynamische Vorgänge in Gasen die Bewegung dieser Gase nicht in Betracht komme; daraus ergab sich für LORENTZ der absolut ruhende Lichtäther. Da dessen Brechungsexponent mit dem FRESNELschen Mitführungskoeffizienten[6]) sowohl der Theorie als der Messung nach im Einklange steht, wurde die Theorie dadurch von LORENTZ verifiziert, die Tragweite des Relativitätsprinzips aber abgeschwächt.

Absolute Geschwindigkeit ist danach Geschwindigkeit relativ zum Lichtäther. Nun versuchte MICHELSON[7]) in seiner klassischen Arbeit die Geschwindigkeit der Erde relativ zum Lichtäther tatsächlich zu messen. Als Konsequenz seiner genialen Ergebnisse war man genötigt, die Existenz des Äthers fallen zu lassen. Demzufolge haben elektromagnetische Wellen keinen substantiellen Träger, können deshalb nicht mechanisch begriffen

---

[1]) K. KROMAN, Unsere Naturerkenntnis. Kopenhagen 1883. S. 272ff.

[2]) H. A. LORENTZ, Versuch einer Theorie der optischen Erscheinungen in bewegten Körpern. Leiden 1893. Arch. Neerl., 1886, 21, 163; Verh. Nat. Ges., 98, 56.

[3]) ALBERT EINSTEIN, Ann. d. Phys., 1905, 17, S. 191; Zeitschr. f. Radioaktivität u. Elektron., 1908; Vortrag Physikal. Gesellsch. zu Zürich, 11. Februar 1909.

[4]) H. MINKOWSKI, Raum und Zeit. Jahrb. d. Math. Vereing., 1909, 18, 75, und separat Leipzig 1909; Gött. Nachr. 1908.

[5]) FIZEAU, Comptes rendus, 1851, 33, 349; Pogg. Ann., Erg.-Bd. 3, 457.

[6]) Dieser ist $\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$.

[7]) MICHELSON and MORLEY, Sill. Journ., 1881, 21, 120; 1886, 31, 377; 1887, 34, 333; 1897, 497. Weitere Beiträge von BUCHERER, J. STARK und J. J. THOMSON.

werden. Die jahrhundert alte mechanische Naturansicht, die allerdings von inneren Widersprüchen strotzte, erhielt damit ihren Todesstoß. Hierzu tritt noch ein neues Moment: zwei Beobachter A und B, die sich im leeren Raum relativ gegeneinander mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegen, müssen eine voneinander verschiedene Zeitrechnung benutzen [1]). Zwischen den beiderseitigen Bezugssystemen bestehen aber Transformationsgleichungen [2]). Im vierdimensionalen Raumzeitsystem besteht keine ausgezeichnete Richtung. Bedenken gegen diese Auffassung sind von derselben Art wie gegen die Antipoden. EINSTEIN sagt, daß die Naturvorgänge sich für A nach denselben Gesetzen und Konstanten abspielen, wie für B. Jeder hat seine eigene Zeitrechnung; das Relativitätsprinzip verlangt nur, daß keiner von beiden mit sich selbst in Widerspruch komme [3]).

MAX PLANCK, der philosophisch ein Gegner MACHs ist und sich wohl als einer der letzten Physiker der Lehre von der Relativität anschloß, beurteilt die Lage folgendermaßen: er sagt, „daß diese neue Auffassung des Zeitbegriffs an die Abstraktionsfähigkeit und an die Einbildungskraft des Physikers die allerhöchsten Anforderungen stellt. Sie übertrifft an Kühnheit wohl alles, was bisher in der spekulativen Naturforschung, ja in der philosophischen Erkenntnistheorie geleistet wurde; die nichteuklidische Geometrie ist Kinderspiel dagegen. Und doch beansprucht das Relativitätsprinzip im Gegensatz zur nichteuklidischen Geometrie, die bisher nur für die reine Mathematik

[1]) Damit B das an A zur Kommunikation gegebene Lichtsignal mit seiner Bewegungsrichtung nicht langsamer sich fortpflanzen sieht (nämlich mit $c - v$), als in der entgegengesetzten (mit $c + v$), darf er den Zeitpunkt, in dem das Signal $c - v$ zurückgelegt hat, nicht mit dem Zeitpunkt gleichsetzen, in dem es entgegengesetzt $c + v$ zurücklegt, sondern er muß diesen für später ansehen. Dabei ist v die gleichförmige Geschwindigkeit von A und B, c die des Lichtes.

[2]) Diese entsprechen einer Drehung des Bezugssystems (x, y, z ict) um den imaginären Winkel arctg $\left(i \frac{v}{c}\right)$ (H. MINKOWSKI).

[3]) EMIL COHN versuchte eine andere Lösung, indem er prinzipiell scheidet zwischen einem Vakuum und einem absolut durchsichtigen Medium mit dem Brechungsexponent = I. LORENTZ, FITZGERALD, PLANCK u. a. traten dieser Ansicht nicht bei.

ernstlich in Betracht kommt, mit vollem Rechte reelle physikalische Bedeutung. Mit der durch dies Prinzip im Bereiche der physikalischen Weltanschauung hervorgerufenen Umwälzung ist an Ausdehnung und Tiefe wohl nur noch die durch die Einführung des Kopernikanischen Weltsystems bedingte zu vergleichen [1]."

Das Relativitätsprinzip ist auf physikalischem Gebiete als durchaus festgegründet und in jeder Hinsicht gesichert zu betrachten. Über die Tragweite wird begreiflicherweise noch gestritten. Die Extremen behaupten mit W. K. CLIFFORD: „Geometry is a physical science [2]," d. h. alle Geometrie wird kinematisch. Der kühlste Beurteiler auf der anderen Seite, den man nicht einer Vorliebe für MACH zeihen kann, äußert sich: „Da die gesamte Mechanik ebenso wie die übrige Physik von dem Prinzip der kleinsten Wirkung beherrscht wird, so erstreckt sich die Bedeutung des Relativitätsprinzips im Grunde nur auf die besondere Form, welche sie dem kinetischen Potential H vorschreibt, und diese Form ist charakterisiert durch den einfachen Satz, daß der Ausdruck [3]) H dt für jedes Raumelement eines physikalischen Gebildes invariant = H′ dt′ ist in bezug auf den Übergang von dem einen Beobachter A zum anderen Beobachter B [4])."

Von besonderem Interesse ist aber, ob diejenigen Physiker, die in NEWTONs Bestimmungen sowie in einer absoluten Erkenntnistheorie fußen, die weiter die kinetische Gastheorie mit ihrer statistischen Methode vertreten, die endlich die reale Existenz der Atome behaupten sowie die Atomistik beibehalten, ob diese dabei bleiben können, oder ob sie genötigt sind, den MACHschen Bestimmungen beizutreten. Lassen wir wieder den MACH-Gegner PLANCK zu Worte kommen: „Das Prinzip der Relativität gilt nicht nur für die Vorgänge in der Physik, sondern auch für die Physiker selber, insofern als ein bestimmtes System der Physik in Wirklichkeit nur für einen bestimmten Physiker

[1]) MAX PLANCK, Acht Vorlesungen über theoretische Physik. Leipzig 1910. S. 117f.

[2]) W. K. CLIFFORD, The common sense of exact science. 4. Ed., S. 47.

[3]) Hierbei ist H die kinetische Energie.

[4]) PLANCK, l. c., S. 122f.

und für einen bestimmten Zeitpunkt existiert. Aber wie in der Relativitätstheorie, so gibt es auch im System der Physik ‚Invarianten‘: Begriffe und Sätze, welche ihre Bedeutung für alle Forscher und für alle Zeiten behalten, und diese Invarianten aufzufinden, wird immer das erste, ja das eigentliche Bestreben der physikalischen Forschung sein [1]."

Was meint PLANCK nun mit seinen Invarianten? Werden in gewisse Funktionen (nämlich in homogene und ganze) durch lineare Substitution neue Veränderliche eingeführt, so bleiben möglicherweise eine oder mehrere Funktionen der Koeffizienten unverändert, oder sie multiplizieren sich nur mit einem Faktor, der seinerseits von Substitutionskoeffizienten abhängig ist. Derartige Funktionen nun werden invariante genannt. Die Invariantentheorie sucht Systeme von Invarianten auf und gibt ihnen eine geometrische Deutung. Damit ist hier nichts gewonnen, denn die Invarianten von relativen Größen bleiben selbst auch relativ und können niemals absolut werden. PLANCK redet aber von Invarianten in Anführungsstrichen und scheint darunter etwas verstanden wissen zu wollen, was mehr ist als die Invarianten, also etwa Absolutheiten. Daß man an Traumellen keine Bewegung messen kann, ist schon gesagt; alles was über das Relative hinausgeht, ist also ein frommer Wunsch, der uns leider noch nie erfüllt wurde, und den das Prinzip von der Relativität ja eben gerade versagt.

Zusammenfassend kann man nun sagen: MACH hat recht. Für die praktische Physik, für Messung, Experiment und Beobachtung sind uns nur relative Größen gegeben und in der Welt, die uns unsere Sinne zugänglich machen, gibt es nur relative Zeiten, Räume und Bewegungen.

Neuerdings [2]) hat EINSTEIN auch die Gravitation durch die Relativitätstheorie erklärt. Das ist eine gewaltige Tat, deren Konsequenzen heute noch wenige Philosophen ahnen.

---

[1]) PLANCK, l. c., S. 126f.; vgl. ferner: Das Prinzip der Erhaltung der Energie, 1908, S. 146, und: Die Einheit des physikalischen Weltbildes. Leipzig 1909.

[2]) EINSTEIN, Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation. Teubner, Leipzig 1913; Scientia 1914, S. 1. — Daß die Rotationsbewegung ein Sonderfall, gewissermaßen eine Aus-

4. Die Atomhypothese.

Bei MACHs eigenartiger Stellung zum Begriff der Realität und der Materie ist eine Auseinandersetzung zwischen der Atomistik, die stets realistische Bestandteile in sich birgt, und dem phänomenologischen Standpunkt, wie ihn MACH vertritt, von besonderem Interesse.

Der Wendepunkt in der Betrachtungsweise, die bei MACH folgerichtig ausgebaut ist, begann schon sehr früh bei GALILEI. Während ARISTOTELES und seine Nachfolger nach der Ursache der Bewegung forschen, sucht GALILEI die Ruhe von der Bewegung aus zu verstehen. Das Bestreben, lediglich zu beschreiben und alle sophistischen Fragen nach den Ursachen der allereinfachsten Erscheinungen, auf die alles zurückgeführt wird, zu vermeiden, findet sich dann bei NEWTON schon stärker ausgeprägt. Sein Gravitationsgesetz ist eine mathematisch eingekleidete Beschreibung, aber keine physikalisch reale Erklärung; auch bezeichnet er die Gravitation nicht als eine untrennbare Eigenschaft der Materie. Ebensowenig glaubt er an die Fernwirkung, jedoch sinnt er über deren Ursachen nach[1]). Allein in dem physikalischen System dieser Zeit bleiben Reste einer absoluten und realistischen Philosophie als wesentliche Bestandteile stehen. Das Paradoxon einer mechanischen Fernwirkung und zahlreiche ähnliche Auffassungen reißen eine bedenkliche

nahme von der Relativitätstheorie ist, wußte man, bevor die relativen Erscheinungen zur Theorie zusammengefaßt wurden. Niemals kann das also gegen die Relativität ins Feld geführt werden, vielmehr ist zu untersuchen, worauf diese Ausnahmestellung beruht; damit ist der scheinbare Widerspruch gelöst.

[1]) NEWTONS Works, Ed. Horsley, Bd. 4, S. 385f., 438. Optik 1717. Vorrede. Phil. nat. princ. math., I, S. 11 (Ed. Amstelodami 1714, S. 147, 172. Ed. Wolfers, Berlin 1872. S. 167, 190). — „Rationem vero harum gravitatis proprietatum nondum potui deducere; et hypotheses non·fingo." Princ. Schol. Gen. ad. fin. (bei Wolfers, S. 511). Ferner: Scholium zum 29. Theorem. Prop., 69, 1. Buch der Princ., ferner Optik, 4. Aufl., S. 325. — „Mathematicus duntaxat est hic conceptus. Nam virium causas et sedes physicas jam non expendo." Princ. Def., VIII. Endlich im dritten Briefe an BENTHLEY: „daß ein Körper auf einen zweiten in die Ferne durch den leeren Raum ohne Vermittlung irgend eines Mediums wirken könnte, erscheint mir als eine so große Absurdität, daß ich glaube, niemand ... könnte darauf verfallen".

Lücke in das System der klassischen Physik, und so ist die mechanische Naturansicht ein hölzernes Eisen.

Um die Buntfarbigkeit der Ansichten über die Materie zu erweisen, genügen einige Stichproben: KANT selbst verwirft die Atomistik, die Kantianer tun jedoch nicht ein gleiches; Lord KELVIN[1]) nimmt gestützt auf HELMHOLTZ[2]) an, in der Materie seien Ringe, die sich verbinden und verketten; diese sind aber nicht imstande, sich gegenseitig zu durchdringen und miteinander zu verschmelzen, ihre gegenseitigen Annäherungen bewirken vielmehr ein vollkommen elastisches Zurückprallen. Dies wurde aber widerlegt durch MAXWELL[3]), SECCHIS[4]) ähnlicher Ausweg wurde hinfällig durch POINSOTS[5]) Arbeiten.

Wie HUYGENS, LEIBNIZ und JOH. BERNOUILLI waren alle Zeitgenossen der Meinung, NEWTON glaube an die Fernkraft und führe geheime Ursachen in die Physik ein. Dabei blieb es, und die kommenden Generationen fanden die Fernkraft ganz natürlich. J. ST. MILLS gegenteilige Ansicht hat STALLO mit vollem Recht abgelehnt. Erst FARADAY und MAXWELL ersetzten die Fernwirkung durch das Integral von Nahewirkungen. MAXWELL huldigte in der Wärmelehre durchaus atomistischen Anschauungen und führte die statistische Methode ein, aber er betrachtete sie nur als Arbeitshypothese, wie das noch unzweideutiger bei FARADAY zutage tritt. Immerhin mußte das der Atomistik Vorschub leisten, die an der mechanischen Naturansicht einen starken Halt findet.

Die mechanische Naturansicht sagt aus, daß die letzten Urelemente aller Naturerscheinungen Masse und Bewegung sind, die ihrerseits disparat und unveränderlich sind. Bei Philosophen und Naturforschern herrschte nie ein Zweifel darüber, daß die Ureinheiten der Masse — nennen wir sie Atome — gleich und in jeder Beziehung einfach sind. Dagegen spricht aber in schreiendem Gegensatz die Hypothese von AVOGADRO und AMPÈRE, auf

---

[1]) Lord KELVIN, Phil. Mag., 4. Ser., Bd. 45, S. 321 u. a.

[2]) HELMHOLTZ, Crelles Journal f. reine u. angewandte Math., Bd. 55, S. 25.

[3]) MAXWELL, Encycl. Brit., 9. Ed. Atom.

[4]) SECCHI, L'Unité des forces physiques, 2. Ed., S. 47ff., 51ff.

[5]) POINSOT, Liouville Journal, 2. Ser., Bd. 2, S. 288ff., 304ff.

der die ganze heutige Chemie basiert. Der eine Ausweg, die schwereren Atome seien komplizierter, ist durch die thermodynamischen Arbeiten von CLAUSIUS, BOLTZMANN und MAXWELL versperrt. Der zweite Ausweg mittels der Hydrodynamik (Darstellung der Wirbelbewegung in homogener reibungsloser Flüssigkeit gemäß HELMHOLTZschen Bedingungen) scheitert an der Untersuchung von MAXWELL, die eine kontinuierliche, nicht aber atomistische Zusammensetzung fordert. Die heutigen mechanischen Naturphilosophen ignorieren diesen Widerstreit.

Zweitens verlangt die mechanische Naturansicht unelastische absolut harte Atome. Diesen Standpunkt nimmt NEWTON[1]) ein. Elastische Ureinheit ist eine Contradictio in adjecto. Falls aber die Atome nicht absolut elastisch sind, widerspricht die Atomistik dem Gesetz von der Erhaltung der Energie[2]). Die ganze kinetische Gastheorie verlangt jedoch elastische Atome[3]). Die Atome wie Lord KELVIN als Wirbelringe anzusehen, geht nicht an, weil diese keine Trägheit besitzen, wie MAXWELL[4]) nachwies. Die Physik steht hier also im Widerstreit mit der mechanischen Naturansicht. Da die Masse weiterhin absolut träge ist, darf es keine Fernkraft ohne Berührung geben.

Nachdem der Versuch gescheitert war, das Atom physikalisch so zu fassen, daß es der philosophischen Forderung eines unteilbaren kleinsten Teiles entspräche, verzichtete man auf die philosophische und logische Widerspruchslosigkeit und beschränkte sich auf Symbole und Bilder. Diese besitzen natürlich keinen Wahrheitswert, sondern nur einen Fruchtbarkeitswert. In anderen naturwissenschaftlichen Fächern hatte man auch schon die Hypothese verlassen, die auf den absoluten Wahrheitsbegriff abgestimmt ist, und sich Arbeitshypothesen zugewendet. So ist beispielsweise in der Mutationstheorie von DE VRIES die Prismenoszillation ein fruchtbares Grundbild, obwohl im Pflanzenkeim keine Prismen aufzeigbar sind und dort auch gar nicht erwartet werden.

---

[1]) NEWTON, Optics, S. 375.

[2]) Lord KELVIN, Phil. Mag., 4. Ser., Bd. 45, S. 321.

[3]) CLAUSIUS, Pogg. Ann., 100, S. 353. — MAXWELL, Phil. Mag., 4. Ser. Bd. 9, S. 19.

[4]) MAXWELL, Atom. Encycl. Brit., 9. Ed.

In dieser Weise verwendete Lord KELVIN auf physikalischem Gebiete als Modell für die kleinsten Teilchen einen ganzen Werkzeugkasten vom Schlauch bis zum Rädchen. Dann wieder findet man die Positionen verteidigt, die Materie bestehe aus Elektronen, die positive Elektrizität sei Materie, die Elektrizität habe eine atomistische Struktur im Sinne der FARADAYschen Röhren [1]). Die Materie ist also in Elektrizität aufgelöst; dieser wieder kommt man mit Kraftfeldern und Kraftlinien bei, also erneut mit Bildern. Um das Symbol Atom zu erklären, ersinnt man neue Symbole, die um nichts einfacher sind. Da „Erklären" ein Zurückführen auf einfachere Erscheinungen heißt, ist also gar nichts erklärt. Dasselbe gilt von den Wirbeln, Punkten, Mannigfaltigkeiten und unbestimmten lokalen Veränderungen.

Ganz andere Bilder finden wir wieder bei den Chemikern. Das Kohlenstoffatom war bei KEKULÉ länglich, bei VAN 'T HOFF und LE BEL wurde es zum Tetraeder. Das gilt aber nur für die aliphatische Chemie; die zweite Hälfte der organischen Chemie, die aromatische, verschließt sich aber der tetraedrischen Betrachtungsweise, weil deren Basis, das Benzol, sich nicht auf eine tetraedrische Formel überführen läßt. Die anorganische Chemie übergeht die Frage ganz, weil man an Stelle des Atoms da mehr mit dem Ion rechnet, einem allotropen Zustand des Elementes, der sich durch elektrische Eigenschaften auszeichnet.

So brauchbar sich die AVOGADROsche Atomhypothese in einigen Fragen erwies, so unfruchtbar zeigte sie sich in anderen Punkten. Wie jede Hypothese war sie eben nur einigen Phänomenen auf den Leib geschrieben, andere, z. B. die Valenzänderung ein und desselben Elementes, konnte sie nicht erklären, und da vermochte auch das periodische System von LOTHAR MEYER und MENDELEJEFF die erwartete Stütze nicht beizubringen.

WERNER, der mit ganz neuen Reihen von Metallammoniakverbindungen die organischen Strukturformeln auch in die anorganische Chemie einführte, suchte diese Schwierigkeiten mit der AVOGADROschen Hypothese in Einklang zu bringen. Zu diesem Zwecke ließ er die Valenz als chemische Maßeinheit und gerichtete Einzelkraft fallen und suchte die Bindungsverhältnisse

---

[1]) J. J. THOMSON, Elektrizität und Materie. Braunschweig 1904. S. 45.

der Atome mit Hilfe der elektrochemisch gedeuteten Affinität zu verstehen. Diese „ist eine vom Zentrum des Atoms gleichmäßig nach allen Teilen seiner Kugeloberfläche wirkende, anziehende Kraft“[1]). Diese Hypothese zielt vornehmlich auf die Benzolderivate, also auf die aromatische Chemie. Die sechs ringförmig angeordneten, kugelförmigen Atome befinden sich in einer Ebene und besorgen die Bindung durch Valenzen analog der Lichtstrahlung. Die nach außen gerichtete Kugelkalotte jedes Kohlenstoffatomes bindet (bestrahlt) die Wasserstoffatome. Die drei übrigen Valenzen bestrahlen die dargebotenen Flächen der Kohlenstoffatome. Dabei nimmt WERNER an, daß die Beschattung durch ein anderes Atom die Valenzaufnahme beeinträchtigt, und daß gegenüberliegende Atome wegen der Entfernung schwächere Valenz zugestrahlt erhalten. In ähnlicher Weise operiert THIELE mit Teilvalenzen. Dieser Auffassung steht das im Wege, was sich KELVIN von MAXWELL und POINSOT in den bereits zitierten Arbeiten sagen lassen mußte. Auf die Schwierigkeiten, die der Hohlraum im Innern des Benzolringes mit sich bringt, ging ich an anderer Stelle ein[2]).

MACH billigt die Verwendung der Atomistik als Arbeitshypothese, glaubt jedoch mit Recht, daß man ohne sie auskommen könne. Gemäß dem Ökonomieprinzip hat er selbst es vermieden, von ihr Gebrauch zu machen. Während die kinetische Gastheorie die Wärme auffaßt als ständige Bewegung absolut elastischer fester Atomteilchen, nimmt MACH die Wärme rein phänomenologisch. Er verzichtet auf die statistische Methode und verfährt auch bei der Ableitung der Gesetze rein phänomenologisch. Die Scheidung in geordnete und ungeordnete Bewegungen weist er als recht künstlich von der Hand[3]).

Schon STALLO[4]) hatte darauf hingewiesen, daß eine nicht-avogadrosche Chemie den Phänomenen vielleicht gerechter

---

[1]) A. WERNER, Stereochemie. Jena 1904. S. 370—377. — Neuere Anschauungen auf dem Gebiet der anorganischen Chemie. Die Wissenschaft VIII. Braunschweig 1909.

[2]) HANS HENNING, Irrgarten der Erkenntnistheorie. S. 18 f.

[3]) Nr. 121, S. 364.

[4]) J. B. STALLO, Die Begriffe und Theorien der modernen Physik. Leipzig 1904.

würde, und er vermochte auch verschiedene neue Wege anzudeuten. Zu demselben Zwecke hat FRANZ WALD[1]) die Tatsachen der Chemie aus dem Schnürleib der konventionellen Theorien, in dem sie seit JEREMIAS BENJAMIN RICHTER, dem Begründer der Stöchiometrie, seit 100 Jahren unverändert eingepreßt waren, ganz herausgelöst. WALD und OSTWALD[2]) nahmen unter Verzicht auf das Atom einen reinen Stoff an. Dieser „ist ein solcher, der hylotrope Umwandlungen gestattet, d. h. der beim Übergang in eine andere Formart unter konstanten Bedingungen von Druck und Temperatur sich vollzieht, und dabei seine Eigenschaften unverändert beibehält, wie groß oder klein auch der umgewandelte Anteil sein mag“. Das Urphänomen der integralen Reaktion (d. h. „der experimentellen Tatsache, daß zusammengesetzte Stoffe, wenn sie nur der Definition des reinen Stoffes genügen, ohne Änderung ihrer Zusammensetzung in chemische Verbindungen treten“) genügt zur Ableitung aller stöchiometrischen Gesetze, ohne daß man die Atomhypothese bedürfte. In der Tat stützte sich auch DALTON außer der überflüssigen Atomvorstellung auf dieselbe experimentelle Tatsache. Die klassische Chemie genau geprüft verwendet also das Atom nur als überflüssige Zutat. Daß MAXWELL bei der Ableitung der Gasgesetze die molekulare Annahme verlassen hat, ist auch noch nicht genügend berücksichtigt worden.

MACH sagt: „Wenn z. B. chemische, elektrische, optische Erscheinungen durch Atome erklärt werden, so hat sich die Hilfsvorstellung der Atome nicht nach dem Prinzip der Kontinuität ergeben, sie ist vielmehr für diesen Zweck eigens erfunden. Atome können wir nirgends wahrnehmen, sie sind wie alle Substanzen Gedankendinge. Ja, den Atomen werden zum Teil Eigenschaften zugeschrieben, welche allen bisher beobachteten widersprechen. Mögen die Atomtheorien immerhin geeignet sein, eine Reihe von Tatsachen darzustellen, die Naturforscher, welche NEWTONs Regeln des Philosophierens sich zu Herzen genommen haben, werden diese Theorien nur als provisorische Hilfs-

[1]) F. WALD, Zeitschr. f. physikal. Chem. XXII, 2; XXIII, 1; XXIV, 4; XXV, 3; XXVI, 1; 1897—1898. Ostwalds Ann. d. Naturphil. I, II, III, V, VIII.

[2]) W. OSTWALD, Ein österreichischer J. B. RICHTER. (In: Die Forderung des Tages. Leipzig 1910.)

mittel gelten lassen und einen Ersatz durch eine natürlichere Anschauung anstreben. Die Atomtheorie hat in der Physik eine ähnliche Funktion, wie gewisse mathematische Hilfsvorstellungen; sie ist ein mathematisches Modell zur Darstellung der Tatsachen. Wenn man auch die Schwingungen durch Sinusformeln, die Abkühlungsvorgänge durch Exponentielle, die Fallräume durch Quadrate der Zeiten darstellt, so denkt doch niemand daran, daß die Schwingung an sich mit einer Winkel- oder Kreisfunktion, der Fall an sich mit dem Quadrieren etwas zu schaffen hat[1])." Räume von mehr als drei Dimensionen sind Hilfsvorstellungen derselben Art. Moleküle und Atome sind von der Naturwissenschaft selbst geschaffene, veränderliche, in gewissem Sinne ökonomische Mittel; ihnen entspricht jedoch keine Realität hinter den Erscheinungen[2]). Der Naturwissenschaftler ist aber nicht nur Theoretiker, sondern auch ein Praktiker, der geläufig und instinktiv Operationen ausführen, z. B. Körper auf die Wage legen muß. Für diesen Handgebrauch kann er die rohe Substanzvorstellung, wie sie der naive Mensch und das Tier besitzen, nicht entbehren[3]). Die moderne Atomistik ist nichts weiter als der Versuch, diese rohe Stoffvorstellung zur Grundvorstellung der Physik zu erheben. Den heuristischen und didaktischen Wert der Atomistik betreitet MACH nicht, behauptet jedoch, daß aus diesen Vorstellungen DALTONS (ebenso wie das bei der Stoffvorstellung von BLACK der Fall war) der wesentliche, Tatsächliches darstellende, begriffliche Kern herausgeschält und überflüssige Nebenvorstellungen ausgemerzt werden müssen[4]), und weist so auf das Programm, das später WALD, wie erwähnt, erfüllte.

Die Frage, wie aus Atombewegungen des Hirns die Empfindungen erklärt werden können, ist nach MACH eine falsche Fragestellung: „Es liegt hier gar kein Problem vor[5])." Denn „es hieße also wohl das Einfachere und Näherliegende durch das Kompliziertere und Fernerliegende erklären, wollte man aus

[1]) Nr. 87, S. 532 f.
[2]) Nr. 120, S. 235 f.
[3]) Nr. 121, S. 431.
[4]) Nr. 121, S. 429 f.
[5]) Nr. 120, S. 237.

Massenbewegungen die Empfindungen ableiten, abgesehen davon, daß die mechanischen Begriffe ökonomische Mittel sind, welche zur Darstellung mechanischer und nicht physiologischer oder psychologischer Tatsachen entwickelt wurden"[1]).

Die Kernfrage bleibt stets: Ist die Raumausfüllung kontinuierlich oder diskontinuierlich (diskret)? Wie die Atomistik, so tritt auch MACH für eine diskrete Erfüllung ein. Dabei verwendet er Volumelemente, während die Atomistik Atome benutzt. Dies ist nicht lediglich eine Frage terminologischen Geschmacks. Vom sensualistischen Standpunkte hat das erkennbare Volumelement eine ganz andere Dignität als das den Sinnen stets unzugängliche Atom. MACH sagt: „Einem Volumelement schreibe ich, nur mit verändertem Maßstab, solche Eigenschaften zu, wie sie an ausgedehnten Körpern beobachtet werden, und die Erfahrung hat mich gelehrt, daß man den Maßstab außerordentlich verkleinern kann, ohne die Form der Tatsache zu ändern. Darin liegt also gar nichts Hypothetisches und keinerlei Unklarheit. KIRCHHOFF hat ganz gut gewußt, warum er gerade diese Betrachtungsweise jeder andern vorzog. Die Volumelemente mit ihren Temperaturgefällen verhalten sich ganz so wie endlich ausgedehnte Körper unter ähnlichen Umständen, nur habe ich den Vorteil, daß ich aus solchen kleinen Volumelementen mit beliebiger Genauigkeit jeden noch so komplizierten Fall zusammensetzen kann[2])."

Noch einen gewichtigen Einwand wird der Atomistiker gegen MACH erheben; er wird sagen, der Satz von der Erhaltung der Masse sei ein direkter Nachweis der Beständigkeit der Materie. Darauf antwortet MACH: „... dieser Nachweis verflüchtigt sich, wenn wir auf den Grund gehen, in eine solche Menge von instrumentalen und intellektuellen Operationen, daß er gewissermaßen nur eine Gleichung konstatiert, welcher unsere Vorstellungen, Tatsachen nachbildend, zu genügen haben. Den dunkeln Klumpen, den wir unwillkürlich hinzudenken, suchen wir vergeblich außerhalb unseres Denkens[3])."

---

[1]) Nr. 87, S. 554.
[2]) Nr. 121, S. 431.
[3]) Nr. 120, S. 231; Nr. 121, S. 426.

5. Phänomenologische Physik kontra mechanische Physik.

Die mechanische Naturansicht erstrebt als Ideal eine Zurückführung aller Erscheinungen auf die Mechanik. Dagegen sagt MACH: „Rein mechanische Vorgänge gibt es nicht[1].“ Vielmehr sind alle mit thermischen, magnetischen, elektrischen Änderungen verbunden, und dadurch werden die Bewegungsvorgänge geändert. „Jeder Vorgang gehört also genau genommen allen Gebieten der Physik an[2],“ und diese sind durch konventionelle, historische und physiologische Motive geschieden. Die Mechanik ist die älteste und bekannteste Disziplin, darum suchte man alles auf das Vertraute zurückzuführen. Allein das braucht nun nicht immer so zu bleiben; das älteste mechanische Gesetz (das Hebelgesetz) ist ja auch nicht die Grundlage der Mechanik. In der Elektrizitätslehre ist mit dem Potential und der Dielektrizitätskonstanten jeder elektrische Umstand gegeben; eines materiellen Substrates bedarf es da nicht[3].

Zweitens greifen überhaupt die chemischen Vorgänge viel tiefer als die physikalischen[4].

Die mechanische Ansicht ist ferner auch nicht ökonomisch: statt der tatsächlichen Zusammenhänge gibt sie Hypothesen[5], und diese stehen unter sich nicht in widerspruchslosem Verband.

MACHs Ziel ist eine vergleichende Physik[6], eine homogene Physik ohne Zuhilfenahme der künstlichen Atomtheorie. Den phänomenologischen Gesetzen[7] sind die mechanischen Spezialfälle unterzuordnen. Die Mechanik ist nur ein Muster und Fingerzeig bei der Aufsuchung dieser Gesetze[8].

An dem Begriff Potential zeigt MACH seine Absichten: zuerst nur auf engem Gebiet angewendet, überträgt ihn MACH

---

[1] Nr, 87, S. 540. Eine Auseinandersetzung mit WUNDT in Nr. 121 S. 317.
[2] Nr. 87, S. 542.
[3] Nr. 87, S. 541.
[4] Nr. 121, S. 354, 360f.; Nr. 87, S. 540.
[5] Nr. 87, S. 543.
[6] Nr. 87, S. 542f.
[7] Nr. 121, S. 356.
[8] Nr. 121, S. 121.

auch auf die Chemie[1]). Mittels solcher Analogien will er heterogene Gebiete umspannt wissen. Der weite Blick eignet nicht der Mechanik, sondern war von je für die ganze Naturwissenschaft charakteristisch[2]).

Das Bestreben, die Physiologie mechanisch zu begreifen, ist dasselbe, wie die Bemühung des THALES, aus dem Wasser alles zu verstehen[3]). Daraus entwickeln sich nur Trugprobleme, indem man Empfindungen hernach aus Atomen ableiten möchte[4]). Das Näherliegende ist die Empfindung, die nie ableitbar ist aus den Denkmitteln der Physik: Masse, Kraft, Atom, welche nur die Aufgabe haben, ökonomisch geordnete Erfahrungen wachzurufen[5]).

Zum Schlusse sei eine Aussicht der vergleichenden Betrachtungsweise von MACH nicht übergangen: Empfindungen und chemische Vorgänge haben einen nahen Zusammenhang. „Wenn wir sechs Grundfarbenempfindungen haben, so werden wir annehmen, daß die Eiweißkörper unseres Leibes durch optische Reize in sechsfacher Weise umgesetzt werden können. Eine analoge Auffassung würden alle Sinnesempfindungen, so auch die Raumempfindungen zulassen. Und so ist es ganz wohl möglich, daß wir einmal zum Verständnis des Raumes, seiner Dimensionszahl usw. auf chemischem Wege gelangen“[6]).

---

1) Nr. 121, S. 402f.
2) Nr. 87, S. 547.
3) Nr. 121, S. 354.
4) Nr. 87, S. 553.
5) Nr. 87, S. 547.
6) Nr. 121, S. 360f.

Psychologischer Teil.

MACH ging als Physiker aus vom DOPPLERschen Prinzip der Änderung des Tones und der Farbe durch Bewegung, und gelangte bald dazu, den Anteil der Physiologie und der Psychologie an diesem Phänomen zu bestimmen. Seine Betrachtungsweise, mit einem Blick Physik und Psychologie zu umfassen, sein philosophischer Standpunkt, die Außenwelt in Elemente aufzulösen, führten ihn zu bedeutenden Spezialarbeiten; sie ermöglichten erst richtige Problemstellungen. Auf sie gehen wir zunächst ein.

1. Die Spezialarbeiten.

Die große Zahl der Untersuchungen läßt sich zusammenfassen in: Tonempfindungen, Bewegungsempfindungen, Raum- und Farbenpsychologie, Psychologie der Zeitempfindung und psychologische Erscheinungen allgemeinerer Natur. Eine Zusammenfassung, was MACH psychologisch leistete, ist bisher noch nicht gegeben worden, so oft man sich mit seiner „Erkenntnistheorie" auch befaßte. Darum blieb wohl vieles unbeachtet, was er vor einem halben Jahrhundert bereits gefunden hatte; es konnte deshalb auch nicht ausbleiben, daß mancherlei nochmals entdeckt wurde. Im einzelnen wollen wir uns wegen der Wertung stets bewußt bleiben, wann MACH seine Ergebnisse fand. Wir werden dann nicht unbillig urteilen, wenn dieser oder jener Punkt heute überholt ist. Aber auch in den Auffassungen, über die heute das letzte Wort noch nicht gefallen ist, sollte man öfter, als es gemeiniglich geschieht, seine Ansichten berücksichtigen und zu Rate ziehen. Besonders gilt das in dem Kapitel der

a) Tonempfindungen.

In diesem Gebiete liegt mir zuerst die Aufgabe ob, der historischen Gerechtigkeit nachzukommen, denn HELMHOLTZ hat wenig Rücksicht darauf genommen, daß MACH vor ihm wesentliche Punkte bereits klarstellte. Ein abschließendes Urteil darf hier füglich nicht erwartet werden; das ist nur auf dem Wege neuer Experimentaluntersuchungen möglich. Auf jeden Fall ist es aber förderlich, all das einmal kurz zusammenzustellen, was MACH hier leistete.

Die Geräuschempfindungen.

Da MACHs Ergebnisse nicht allzuoft berücksichtigt wurden, setze ich seinen eigenen Wortlaut hierher: „Mit der Frage nach der Beziehung des Geräusches (insbesondere des Knalles) zum Ton habe ich mich vor langer Zeit (Winter 1872/73) beschäftigt und gefunden, daß sich alle Übergänge zwischen beiden aufweisen lassen. Ein Ton von 128 ganzen Schwingungen, den man durch den kleinen Ausschnitt einer großen, langsam rotierenden Scheibe hört, schrumpft zu einem kurzen trockenen Schlag (oder schwachen Knall) von sehr undeutlicher Tonhöhe zusammen, wenn seine Dauer auf 2—3 Schwingungen reduziert wird, während bei 4—5 Schwingungen die Höhe noch ganz deutlich ist. Andererseits bemerkt man an einem Knall, selbst wenn derselbe von einer aperiodischen Luftbewegung herrührt (Funkenwelle, explodierende Knallgasblase), bei genügender Aufmerksamkeit eine Tonhöhe, wenngleich keine sehr bestimmte. Man überzeugt sich auch leicht, daß an einem von der Dämpfung befreiten Klavier durch große explodierende Knallgasblasen vorzugsweise die tiefen, durch kleine die hohen Saiten zum Mitschwingen erregt werden. Hierdurch scheint es nachgewiesen, daß dasselbe Organ die Ton- und die Geräuschempfindung vermitteln kann. Man wird sich vorzustellen haben, daß eine schwächere, kurz dauernde aperiodische Luftbewegung alle, aber vorzugsweise die kleinen, leichter erregbaren, eine stärkere, länger anhaltende auch die größeren trägeren Endorgane erregt, welche dann bei ihrer geringeren Dämpfung, länger ausschwingend, sich bemerklich machen, und daß selbst bei verhält-

nismäßig schwachen periodischen Luftbewegungen durch Häufung der Effekte an einem bestimmten Gliede der Reihe der Endorgane die Reizung hervortritt. Qualitativ ist die Empfindung, welche ein tiefer oder hoher Knall erregt, dieselbe, nur intensiver und von kürzerer Dauer als diejenige, welche das Niederdrücken einer großen Anzahl benachbarter Klaviertasten in tiefer oder hoher Lage erregt. Auch fallen bei der einmaligen Reizung durch Knall die an die periodische intermittierende Reizung gebundenen Schwebungen weg[1]."

Lokalisation von Schallreizen.

Weitere Arbeiten betreffen den Hörraum und die Lokalisation von Schallreizen. MACH nahm als erster an, daß nicht nur Intensitätsunterschiede, sondern auch qualitative Klangfarbenunterschiede als Merkmale der Ortsunterscheidung wirksam sind[2]. „Wie man sich durch Neigung eines Kartonblattes vor dem Ohr überzeugen kann, werden nur jene Geräusche, welche sehr hohe Töne enthalten, das Sausen und Zischen einer Gasflamme, eines Dampfkessels oder Wasserfalles, je nach der Lage des Kartonblattes durch Reflexion modifiziert, während tiefe Töne ganz unbeeinflußt bleiben. Die beiden Ohrmuscheln können also nur durch ihre Wirkung auf hohe Töne als Richtungszeiger verwendet werden[3]." MACH fand das auch an zahmen Hamstern und Kindern bestätigt und zeigt die biologischen Gründe dafür auf.

Theorie des Gehörorgans.

In der Streitfrage, ob die Gehörknöchelchen als Ganzes schwingen, oder ob die Schallwellen sie einfach passieren, hat E. H. WEBER sich für die erstere Fassung entschieden. In der theoretischen Begründung hat MACH aber die Priorität. Die experimentelle Bestätigung rührt von POLITZER her. HELMHOLTZ hat in seiner Arbeit über „die Mechanik der Gehörknöchelchen" gar nicht erwähnt, daß MACH in vielen Punkten vor ihm wichtige Tatsachen gefunden hatte. Aus diesem Grunde

[1]) Nr. 91, S. 218f.; vgl. Nr. 57.
[2]) Nr. 45, S. 72; vgl. Nr. 24, 54.
[3]) Nr. 91, S. 216f.

gab MACH 1871 seine Schrift „zur Theorie des Gehörorgans[1])“ unverändert nochmals heraus. Er sagt: „Wenn die Dimensionen der Knöchelchen gegen die Länge der in Betracht kommenden Schallwellen in deren Material sehr klein ist, wie es wirklich zutrifft, so ist es keine Frage, daß in der ganzen Ausdehnung der Knöchelchen nahezu dieselbe Bewegungsphase auftritt, demnach sich die Knöchelchen als Ganzes bewegen müssen. Man dachte sich nun die Bewegung der Gehörknöchelchen auf die Labyrinthflüssigkeit übertragen. Allein pathologische Erfahrungen lehren, daß man, wenn nur das Labyrinth in Ordnung ist, auch ohne Mitwirkung der Gehörknöchelchen und des Trommelfells noch recht gut hört. Diese Teile scheinen nur von Wichtigkeit zu sein, wenn es sich um Übertragungen der leisesten Luftbewegungen auf das Labyrinth handelt. Da scheint die Reduktion des auf die ganze Trommelfellfläche entfallenden Druckes auf die kleine Steigbügelfußplatte notwendig. Sonst können die Schallwellen auch durch die Kopfknochen auf das Labyrinth übertragen werden. Durch Aufsetzen von tönenden Körpern (Stimmgabeln) auf verschiedene Stellen des Kopfes überzeugt man sich davon, daß die Richtung der auf das Labyrinth eindringenden Schallwellen keine besondere Rolle spielt. Alle Dimensionen des schallperzipierenden Apparates sind wieder so klein gegen die hörbaren Schallwellen, die Schallgeschwindigkeit in den Knochen und der Labyrinthflüssigkeit so groß, daß wieder in einem Moment nur merklich dieselbe Wellenphase in der ganzen Ausdehnung des Labyrinths Platz greifen kann. Das Obige führt darauf, nicht die Bewegungen und die Bewegungsrichtung, sondern die Druckvariationen, welche im Labyrinth nahezu synchron auftreten, als empfindungserregend, als den maßgebenden Reiz zu betrachten[2]).“

MACHs Arbeiten über das Vestibularorgan besprechen wir bei den Bewegungsempfindungen. Dort wie hier hat MACH eine große physikalische Vorarbeit geleistet, ohne die sich die Erforschung wesentlich schwieriger gestaltet hätte[3]).

---

[1]) Nr. 48; vgl. Nr. 10, 12, 14, 17, 22, 23, 26, 43—46, 52—56.

[2]) Nr. 91, S. 244 ff.

[3]) Nr. 2—4, 7, 12, 28, 38—40, 50, 58, 59, 75, 79.

Die Theorie des Hörens.

HELMHOLTZ nahm in seiner physikalischen Resonanztheorie an, daß das innere Ohr sich aus einem System von Resonatoren zusammensetzt, das die Teiltöne heraushört und zwar als Glieder der FOURIERschen Reihe, die den Schwingungsformen entsprechen. Demzufolge ist das Phasenverhältnis der Teilschwingungen auf die Empfindung einflußlos. KÖNIG[1]) versuchte dagegen mit seiner Wellensirene nachzuweisen, daß das Phasenverhältnis der Schwingungen auf die Empfindung der Klangfarbe nicht ohne Einfluß sei, wodurch HELMHOLTZens Ansicht widerlegt gewesen wäre. HERMANN gelang es jedoch später nachzuweisen, daß KÖNIGs Wellensirene keine einfachen Töne gäbe[2]). Wenn ich eine Arbeit MACHs erwähne, die hier eingreift, so hat das natürlich nur historisches Interesse.

Er erzählt: „Ich habe schon 1867 Versuche angestellt mit einer eigentümlichen Sirene, welche einem der KÖNIGschen Apparate sehr ähnlich war. Die Mantelringe eines Zylinders trugen paarweise gleiche, gegeneinander verschiebbare sinusförmige Ausschnitte, so daß man Intensität und Phase des betreffenden Teiltons beliebig ändern konnte. Es zeigte sich jedoch bei diesen Versuchen, daß die sinusförmigen Ausschnitte keine einfachen Töne gaben, wenn durch eine der Sinusordinate parallele Spalte gegen dieselbe geblasen wurde. Da mein Apparat noch ziemlich unvollkommen war, und seinen Zweck, einen Klang aus Teiltönen von beliebiger Intensität und Phase zusammensetzen, nach dem Obigen nicht entsprach, habe ich nichts über diese Versuche publiziert[3]).“ Da heute all diese Fragen wieder in Fluß gekommen sind, interessiert auch ein negatives Ergebnis.

MACHs Theorie der Tonempfindungen.

Ich schicke eine kurze Zusammenfassung voraus, um dann bei den einzelnen Punkten länger zu verweilen.

„Die Geräusche und Klänge lassen sich in Töne zerlegen. Jeder unterscheidbaren Schwingungszahl entspricht ein besonderes

---

[1]) R. KÖNIG, Quelques expériences d'acoustique. Paris 1882.

[2]) L. HERMANN, Pflügers Arch., 56, S. 467, 1894.

[3]) Nr. 91, S. 220; Nr. 58, S. 34.

Nervenendorgan. An die Stelle der vielen spezifischen Energien setzen wir aber bloß zwei, die uns die Verwandtschaft aller Tonempfindungen verständlich machen, und erhalten durch die Rolle, welche wir der Aufmerksamkeit zuweisen, gleichwohl mehrere gleichzeitig angegebene Töne unterscheidbar. Durch die Hypothese des mehrfachen Ansprechens der Glieder der Reihe der Endorgane und der „Zusatzfärbungen" tritt die Bedeutung der zufälligen Klangfarbe zurück, und wir sehen den Weg, auf welchem den positiven Merkmalen der Intervalle namentlich auf Grund musikalischer Tatsachen weiter zu forschen ist. Endlich erhält durch die letztere Ansicht das v. OETTINGENsche Prinzip der Dualität eine Unterlage, die vielleicht diesem Forscher selbst etwas besser zusagen dürfte als die „Erinnerung", während sich zugleich zeigt, warum die Dualität keine vollwertige Symmetrie sein kann[1])."

Weshalb nimmt MACH nun lediglich zwei spezifische Energien an? Wegen der Schwebungen naheliegender Töne und anderer von HELMHOLTZ gefundener Tatsachen hält MACH die Ansicht für gesichert, daß verschiedene Endorgane auf verschiedene Schwingungszahlen ansprechen. „Gehen wir von der Vorstellung aus, sagt er, daß eine Reihe von physikalisch oder physiologisch abgestimmten Endorganen existiert, deren Glieder bei steigender Schwingungszahl nacheinander im Maximum ansprechen, und schreiben wir jedem Endorgan seine besondere (spezifische) Energie zu. Dann gibt es so viele spezifische Energien als Endorgane und ebenso viele für uns durch das Gehör unterscheidbare Schwingungszahlen. Wir unterscheiden aber nicht bloß die Töne, wir ordnen sie auch in eine Reihe. Wir erkennen von drei Tönen verschiedener Höhe den mittleren ohne weiteres als solchen. Wir empfinden unmittelbar, welche Schwingungszahlen einander näher, welche ferner liegen. Das ließe sich für naheliegende Töne noch leidlich erklären ... Allein auch ferner liegende Töne haben eine gewisse Ähnlichkeit, und auch an dem höchsten und tiefsten Ton erkennen wir noch eine solche. Nach dem uns leitenden Forschungsgrundsatze müssen wir also in allen Tonempfindungen ge-

[1]) Nr. 91, S. 242.

meinsame Bestandteile annehmen. Es kann also nicht so viele spezifische Energien geben, als es unterscheidbare Töne gibt. Für das Verständnis der Tatsachen, die wir hier zunächst im Auge haben, genügt die Annahme von nur zwei Energien, die durch verschiedene Schwingungszahlen in verschiedenem Verhältnis ausgelöst werden. Eine weitere Zusammensetzung der Tonempfindungen ist aber durch diese Tatsachen nicht ausgeschlossen ... Nehmen wir also an, nur um ein bestimmtes Bild vor uns zu haben, daß bei dem Übergang von den kleinsten zu den größten Schwingungszahlen die Tonempfindung ähnlich variiert, wie die Farbenempfindung, wenn man vom reinen Rot, etwa durch allmähliche Zumischung von Gelb, zum reinen Gelb übergeht[1])." Für jede unterscheidbare Schwingungszahl ist also wohl ein besonderes Endorgan vorhanden, jedoch werden dieselben zwei Energien in verschiedenem Verhältnis ausgelöst.

Daß zwei gleichzeitig erklingende Töne nicht zu einem Mischton verschmelzen, sondern unterschieden werden, bildet ein neues Problem. Zunächst bringt MACH die Tonreihe in eine Analogie des Raumes, und zwar „eines beiderseits begrenzten Raumes von einer Dimension, der auch keine Symmetrie darbietet, wie etwa eine Gerade, die von rechts nach links senkrecht zur Medianebene verläuft ... Eine bestimmte Tonempfindung kann nur an einer bestimmten Stelle des besagten eindimensionalen Raumes vorkommen, die jedesmal fixiert werden muß, wenn die betreffende Tonempfindung klar hervortreten soll. Man kann sich nun vorstellen, daß verschiedene Tonempfindungen in verschiedenen Teilen der Tonsinnsubstanz auftreten, oder daß neben den beiden Energien, deren Verhältnis die Färbung der hohen und tiefen Töne bedingt, noch eine dritte, einer Innervation ähnliche besteht, welche beim Fixieren der Töne auftritt. Auch beides zugleich könnte stattfinden[2])".

Wie aber können Töne fixiert werden? Zunächst wiesen MACH und KESSEL nach[3]), daß der Gehörapparat eine veränderliche Stimmung und Resonanzfähigkeit für verschiedene Töne besitzt, indem sie mikroskopisch die durch einen Schlauch

[1]) Nr. 91, S. 225f.
[2]) Nr. 91, S. 227.
[3]) Nr. 43.

zugeführten Schallschwingungen beobachteten. „Eine derartige spontane Veränderung der Stimmung am lebenden Ohr nachzuweisen, gelang aber nicht bei Einleitung des Schalles und Beobachtung durch einen hierzu konstruierten Mikroskopohrenspiegel [1]).“

In seinen ersten Arbeiten hatte MACH angenommen, das Fixieren der Töne beruhe in der veränderlichen Spannung des Tensor tympani; auch dachte er an Zusammenhänge mit Kehlkopfvorgängen, verwarf diese Ansicht jedoch bald [2]).

Fruchtbarer erwiesen sich Versuche über den Einfluß der Aufmerksamkeit auf Akkorde und einfache Töne. Da fand er, daß die Aufmerksamkeit tatsächlich eine große Rolle spielt: läßt man einen Harmoniumton mehrere Minuten lang gleichmäßig erklingen, so tauchen allmählich alle Obertöne klar auf [3]). Bringt man in einer Harmonie einen fixierten Ton zum Erlöschen, so gleitet die Aufmerksamkeit „dann auf einen der nächstliegenden über, welcher mit einer Deutlichkeit auftaucht, als wenn er eben angeschlagen worden wäre [4]).“

Noch ein Dilemma steht im Wege: wie die Frage, warum wir geometrisch ähnliche Figuren auch psychologisch als ähnliche sehen, das Problem der räumlichen Gestaltauffassung aufdeckte, so entsteht hier die Frage der Tonfigur. Gleiche Tonfolgen in verschiedener Lage können wir ja als Tongebilde von gleicher Tongestalt oder als ähnliche Tongebilde auffassen [5]). Was vom Intervall gilt, das zeigt sich auch bei der Harmonie und zwar unabhängig von der Höhe des Grundtons und der Zahl der Schwebungen [6]).

Die Töne einer Melodie oder Harmonie, die ein einfaches Zahlenverhältnis der Schwingungen aufweisen, zeichnen sich aus:

1. durch Gefälligkeit und Kontrast,

2. durch eine charakteristische Empfindung, die jedem Intervall entspricht. „Wenn ein Grundton n mit seiner Terz m

---

[1]) Nr. 91, S. 228.

[2]) Nr. 10.

[3]) Nr. 26, S. 29.

[4]) Nr. 91, S. 230.

[5]) Nr. 91, S. 232.

[6]) Nr. 91, S. 234.

melodisch oder harmonisch verbunden wird, so fällt der 5. Partialton des ersten Klanges (5n) mit dem vierten des zweiten Klanges (4m) zusammen. Dies ist das Gemeinsame, was nach der HELMHOLTZschen Theorie allen Terzverbindungen zukommt. Kombiniere ich die Klänge C und E oder F und A und stelle ... ihre Partialtöne dar, so koinzidieren ... in beiden Fällen der fünfte Partialton des tieferen mit dem vierten Partialton des höheren Klanges. Dieses Gemeinsame besteht aber nur für den physikalisch analysierenden Verstand und hat mit der Empfindung nichts zu schaffen. Für die Empfindung koinzidieren in dem ersten Fall die $\bar{e}$, in dem zweiten die $\bar{a}$, also ganz verschiedene Töne. Gerade dann, wenn wir für jede unterscheidbare Schwingungszahl eine zugehörige spezifische Energie annehmen, müssen wir fragen, wo bleibt der jeder Terzverbindung gemeinsame Empfindungsbestandteil[1])?"

Daß der Schall auch im Nerv noch als periodische Bewegung fortgehe, wies MACH von der Hand[2]); dagegen spricht auch, daß zwischen subjektiven Tönen oder zwischen einem subjektiven und einem naheliegenden objektiven Ton niemals Schwebungen beobachtet werden.

Als Erklärung gibt MACH seine Hypothese der Zusatzfärbung, die er ausdrücklich als Hypothese aufgefaßt wissen will.

Schon V. HENSEN wies nach, daß ein schwingungsfähiges Endorgan nicht auf jede, auch nicht auf eine, sondern auf mehrere weit abliegende Schwingungszahlen anspricht. Auch MACH erwartet, daß ein Glied des Endorgans nicht nur auf eine Schwingungszahl anspricht, sondern „daß es viel schwächer in abgestufter Intensität (vielleicht durch Knoten abgeteilt) auch auf die Schwingungszahlen 2n, 3n, 4n usw., und ebenso auch auf die Schwingungszahlen n/2, n/3, n/4 usw. anspricht. Da die Annahme einer besonderen Energie für jede Schwingungszahl sich als unhaltbar gezeigt hat, so stellen wir uns dem Obigen gemäß vor, daß zunächst nur zwei Empfindungsenergien, sagen wir Dumpf (D) und Hell (H) ausgelöst werden. Die betreffende Empfindung wollen wir (ähnlich wie dies bei Mischfarben geschieht) symbolisch durch $pD + qH$ darstellen, oder wenn

[1]) Nr. 91, S. 236.

[2]) Nr. 14.

wir $p + q = 1$ setzen, und q als eine Funktion f (n) der Schwingungszahl ansehen[1]), durch

$$[1 - f(n)] D + f(n) H.$$

Die auftretende Empfindung soll nun der Schwingungszahl des oszillatorischen Reizes entsprechen, an welchem Glied der Reihe der Endorgane der Reiz auch angreifen mag. Hierdurch wird die frühere Darstellung nicht wesentlich gestört. Denn indem der Reiz R_n am stärksten auf n und viel schwächer auf 2n, 3n oder n/2, n/3 anspricht, indem R_n auch auf einen aperiodischen Anstoß mit n ausschwingt, wird doch die Empfindung $[1 - f(n)] D + f(n) H$ überwiegend an das Glied R_n gebunden bleiben[2]).

„Ein Glied R_n spricht also stark auf n, schwächer aber auch auf 2n, 3n ... und n/2, n/3 ... mit den diesen Schwingungszahlen zugehörigen Empfindungen an. Es ist aber doch sehr unwahrscheinlich, daß die Empfindung genau dieselbe bleibt, ob R_n auf n oder ob $R_{n/2}$ auf n anspricht. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß jedesmal, wenn die Glieder der Organreihe auf einen Partialton ansprechen, die Empfindung eine schwache Zusatzfärbung erhält, die wir symbolisch für den Grundton Z_1, für die Obertöne durch Z_2, Z_3 ... für die Untertöne durch $Z_{1/2}$, $Z_{1/3}$... darstellen wollen. Hiernach wäre also die Tonempfindung etwas reicher zusammengesetzt als dies der Formel $[1 - f(n)] D + f(n) H$ entspricht. Die Empfindungen, welche die Reihe der Endorgane, durch die Grundtöne gereizt, gibt, bilden also ein Gebiet mit der Zusatzfärbung Z_1, die Reizung derselben Reihe durch den ersten Oberton gibt ein besonderes Empfindungsgebiet mit der Zusatzfärbung Z_2 usw. Die Z können entweder unveränderliche Bestandteile sein, oder selbst wieder aus zwei Bestandteilen U und V bestehen, und durch

$$[1 - f(n)] U + f(n) V$$

darstellbare Reihen bilden, worüber zu entscheiden jetzt nicht von Belang ist[3]).“

---

[1]) Will man eine recht einfache Darstellung haben, so setzt man $f(n) = k \log n$.

[2]) Ob D und H vom Endorgan ausgelöst werden oder von der Schwingungszahl, ist dabei gleichgültig.

[3]) Nr. 91, S. 238ff.; Nr. 92.

Dabei ist sich MACH sehr wohl bewußt, daß die physiologischen Elemente Z noch zu finden sind.

„Bei der Terzverbindung treten also die für die Terz charakteristischen Zusatzempfindungen Z_4, Z_5 und $Z_{1/4}$, $Z_{1/5}$ hervor, auch wenn die Klänge gar keine Obertöne enthalten, und erstere (Z_4, Z_5) werden noch verstärkt, wenn in den Klängen entweder in der freien Luft oder doch im Ohr Obertöne vorkommen. Diese Zusatzfärbungen werden also, obgleich sie bei einzelnen Tönen und beim Schleifen der Töne fast gar nicht bemerkt werden, bei Kombination von Tönen mit bestimmten Schwingungszahlenverhältnissen hervortreten, wie die Kontraste schwachgefärbter, fast weißer Lichter bei deren Kombination lebendig werden. Und zwar entsprechen denselben Schwingungszahlenverhältnissen bei jeder beliebigen Tonhöhe immer dieselben Kontrastfärbungen. So wird es verständlich, wie die Töne durch melodische und harmonische Verbindung mit anderen die mannigfaltigste Färbung erhalten können, die einzelnen Tönen fehlt[1]).“

MACH sagt also, daß das Gehör nicht die Schwingungszahlenverhältnisse direkt erkennt, sondern die durch sie bedingten Zusatzfärbungen. Daraus erklärt sich ferner: „auch die Empfindung der Intervalle muß in der Nähe der beiden Hörgrenzen verschwinden. Zunächst weil der Unterschied der Tonempfindung überhaupt aufhört, dann aber noch, weil an der oberen Grenze die Glieder der Reihe fehlen, welche durch Untertöne gereizt werden könnten, an der unteren Grenze aber diejenigen, welche auf Obertöne reagieren[2]).“

Absichtlich bin ich in diesen Fragen etwas ausführlicher geworden, nicht ohne bestimmte Absicht habe ich hier auch MACHs Wortlaut zur Geltung kommen lassen, nämlich weil gerade diese Fragen immer noch zur Diskussion stehen. So gesichert die Grundlagen der Raumpsychologie sind, so sehr schwankt noch die Basis der Tonpsychologie. Von einer bestimmten Position eine kurze kritische Darlegung zu geben, läge weder im Interesse der Wissenschaft noch im Vorteile des Lesers.

---

[1]) Nr. 91, S. 241.
[2]) Nr. 91, S. 242.

b) Bewegungsempfindungen.

„Ein Zufall führte mich“, so erzählt MACH[1]), „auf das Studium der Bewegungsempfindungen zurück. Ich beobachtete die Schiefstellung der Häuser und Bäume beim Durchfahren einer Eisenbahnkurve. Sie ließ sich leicht erklären, wenn man eine direkte Empfindung der resultierenden Massenbeschleunigung annahm. Obwohl mir die physiologische Seite des Gegenstandes, auch als ich wieder auf denselben verfiel, noch ganz fremd war und ich die Arbeiten von FLOURENS und GOLTZ kaum dem Namen nach kannte, so war diese Spur Ferment doch genügend, um meine Gedanken in der Richtung anzuregen, welche sie wirklich eingeschlagen haben.“

Er stellte sich zur Aufgabe, die charakteristischen Empfindungen, die die aktiven und passiven Bewegungen unseres Körpers begleiten, auf ihre Quellen zu untersuchen. Zweitens prüfte er die subjektiven Bewegungserscheinungen, die sich einstellen, wenn man sich einigemal rasch umdreht und plötzlich stehen bleibt, die der ältere DARWIN und PURKYNE schon studierten, endlich die von RITTER aufgefundenen Schwindelerscheinungen bei Verwendung des galvanischen Stromes.

Dabei gelangte er zu dem Ergebnis, „daß gewisse Labyrinthnerven vermöge ihrer spezifischen Energie jeden Reiz mit einer Bewegungsempfindung beantworten, wodurch sich die FLOURENSschen Erscheinungen erklären. Dieser Reiz wird aber in der Regel durch den Labyrinthinhalt selbst gesetzt, welcher bei Bewegungen der Tiere das Schwerpunkt- und Flächenprinzip zu erfüllen strebt. Auf diese Weise erhalten die Tiere Bewegungsempfindungen, gleichgültig, ob sie sich aktiv bewegen oder passiv bewegt werden[2]).“ Nachdem MACH diese Ansicht veröffentlicht hatte, wurde sie in ähnlicher Form noch von BREUER und BROWN gefunden.

Ausgehend von älteren Arbeiten[3]) gibt MACH zunächst die mechanischen Ableitungen für diese Verhältnisse[4]). Zu den Versuchen am passiv bewegten Menschen konstruierte er sich

[1]) Nr. 72, S. 2f.
[2]) Nr. 72, S. 3.
[3]) Nr. 22, S. 327.
[4]) Nr. 72, S. 6—22.

einen Drehstuhl[1]) und fand, daß wir nicht die Winkelgeschwindigkeit empfinden, sondern die Winkelbeschleunigung und die Richtung von Progressivmassenbeschleunigungen; beide vermitteln außerdem eine merkliche Empfindung der Nachdauer. An Tieren fand MACH das gleiche.

Die FLOURENSschen Versuche[2]), nacheinander alle Teile des Gehörorgans zu zerstören, wurden in MACHs Laboratorium von KESSEL wiederholt. Bei der Durchschneidung der Bogengänge zeigen die Versuchstiere bekanntlich auffallende Bewegungen, aus denen jedoch FLOURENS selbst noch nicht, sondern erst GOLTZ[3]) schloß, daß die Bogengänge der Sitz des Gleichgewichtssinnes seien.

Bei Verletzung oder pathologischer Veränderung der Bogengänge tritt Drehschwindel auf; diese Erscheinungen können jedoch auch zentral erregt werden. Leitet man ferner den elektrischen Strom von Ohr zu Ohr, so glaubt man sich vom Zinkpol gegen den Kupferpol zu bewegen.

MACH dachte hierbei wie BREUER zunächst an eine Labyrinthreizung, ließ diese Ansicht aber bald fallen, weil eine bedeutende Versetzung der Elektroden nur eine geringe Änderung der Empfindung zur Folge hat. „Ich habe ohne merklichen Erfolg versucht, beide Elektroden dem einen Labyrinth so nahe zu bringen, daß die durchs Gehirn gehenden Stromschleifen sehr abgeschwächt werden. Ich bin nicht in der Lage zu sagen, daß hierbei das Kleinhirn nicht mitspielt oder vielleicht sogar allein die Erscheinungen bedingt. Der Versuch ist überhaupt zu kompliziert, um für unsern Zweck verwertbar zu sein[4]).“

Erfolgreich operierte er mit Fischen, besonders mit Cobitis barbulata L.[5]).

Indem er die Bewegungsempfindungen mit anderen Empfindungsgebieten verglich, kam er zu folgenden Ergebnissen: „Bewegungsempfindungen werden durch Beschleunigungsdifferenzen

---

[1]) Nr. 72, S. 24f.

[2]) FLOURENS, Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. 2. Aufl. Paris 1842. S. 438.

[3]) GOLTZ, Pflügers Arch., Bd. 3, S. 172, 1870.

[4]) Nr. 72, S. 53.

[5]) Nr. 72, S. 53f.

gewisser Körperteile erregt. Die Beschleunigung wirkt also, sofern sie Nervenarbeit auslösen kann, als Reiz für die Bewegungsempfindungen. Wie aus mehreren vorher angeführten Versuchen (ich erwähne sie an anderer Stelle) hervorgeht, dauert die Bewegungsempfindung noch fort, wenn die Beschleunigung schon verschwunden ist. Ferner lehren die Versuche, daß bei fortdauernder Beschleunigung (also fortdauerndem Reize) Erschöpfung der Bewegungsempfindung eintritt ... Entgegengesetzte Beschleunigungen erregen demnach einander ganz ähnliche Empfindungsprozesse, die also auch durch ähnliche Organe vermittelt sind. Diese Prozesse stehen aber in einem derartigen Gegensatz, daß beide gleichzeitig eintretend einander aufheben können ... Es ist dies kaum anders denkbar als dadurch, daß es verschiedene, einander ähnliche, aber entgegenwirkende Organe sind, welche durch entgegengesetzte Beschleunigungen gereizt werden [1]."

In klassischen Versuchsreihen, denen an logischem und ökonomischem Aufbau nur Werke HERINGs an die Seite gestellt werden können, zeigt MACH, daß die fraglichen Empfindungen nicht herrühren von dem Bindegewebe und den Knochen, von der Haut, von den Muskeln, vom Blute, von den Augen, vom Hirn, sondern nur von einem eigenen Organ im Kopfe. Für seine beweisenden Experimente erdachte er neue Apparate und Methoden, die auch für eine weitergehende Verwendung unveräußerlicher Bestandteil der experimentellen Psychologie wurden. Als dieses Organ stellt sich der Vestibularapparat des Ohres heraus. „Die einfachen Bewegungsempfindungen sind also:

1. die Empfindungen der Winkelbeschleunigung, und zwar sechs an der Zahl, den sechs Ampullen entsprechend, wovon je zwei einander entgegengesetzt sind;

2. die Empfindungen der Progressivbeschleunigung, welche mindestens auch sechs an der Zahl sein müssen, ebenfalls paarweise entgegengesetzt, wenn die Erscheinungen erklärbar sein sollen.

An diese schließen sich aller Wahrscheinlichkeit nach noch

3. Empfindungen der Lage oder Gleichgewichtsempfindungen [2]."

---

[1]) Nr. 72, S. 64 f.

[2]) Nr. 72, S. 112.

Von BREUER und BROWN unterscheidet sich die MACHsche Theorie dadurch, daß er keine Strömung des Bogeninhalts wie BREUER und BROWN annimmt, sondern „daß das bloße Drehungsmoment (der Druck) des Bogeninhalts ohne merkliche Drehung auf den Nerven wirke, so wie etwa der Druck die Tastnerven der Haut erregt[1])“.

Den Drehschwindel erklärt MACH folgendermaßen: „Unterbrechen wir nun die Drehung, so entsteht ein entgegengesetztes Drehungsmoment, welches mit seiner nachdauernden Empfindung zur vollen Wirksamkeit gelangt[2]).“

Den Augenschwindel begreift er durch Augenbewegungen, die reflektorisch durch die Bewegungsempfindungen ausgelöst werden[3]). Das Ekelgefühl erscheint ihm so, „als ob ein Teil des vom Labyrinth ausgehenden Reizes gezwungen worden wäre, die optischen Bahnen, die ihm durch einen anderen Reiz verschlossen waren, zu verlassen und ganz andere Bahnen einzuschlagen“.

„Vor Jahren schon“, so ergänzt MACH seine Ansicht, „bei Gelegenheit optischer Versuche, bin ich zu einer ähnlichen, allerdings noch sehr unvollkommenen Vorstellung gedrängt worden. Es schien mir nämlich, als ob vermöge der Unvereinbarkeit beider Netzhautbilder ein Teil des optischen Reizes in andere Bahnen abfließen würde, welchen wir dann als ein eigenes Merkmal des Gesehenen betrachten lernen und den wir mit HERING Tiefenempfindung nennen wollen. Auch beim Versuch, Stereoskopbilder mit starken Differenzen zu kombinieren, habe ich wiederholt ein Ekelgefühl beobachtet[4]).“

Erwähnen wir noch, daß MACH die Schwellenwerte der Torsionsbestimmungen bestimmte[5]), und daß er seine Theorie in den Einzelheiten mit biologischen und genetischen Darlegungen ergänzt, so können wir dieses Kapitel nun verlassen.

---

[1]) Nr. 72, S. 115ff. Dort bespricht MACH die Erklärungsschwierigkeiten BREUERS und BROWNS.

[2]) Nr. 72, S. 115.

[3]) Nr. 72, S. 90.

[4]) Nr. 72, S. 123.

[5]) Nr. 72, S. 126 f.

c) Die Farbenempfindungen.

Über die Farbenempfindung hat MACH weniger gearbeitet; er suchte nur die zugrunde liegenden Prozesse klar zu machen: „Meine nur gelegentlichen Äußerungen über die Theorie der Farbenempfindungen waren vollkommen deutlich. Ich nahm die Grundempfindungen: Weiß, Schwarz, Rot, Gelb, Grün, Blau und diesen entsprechend in der Netzhaut sechs verschiedene (chemische) Prozesse (nicht Nervenfasern) an. Das Verhältnis der Komplementärfarben war natürlich, wie jedem Physiker, auch mir bekannt und geläufig. Ich stellte mir aber vor, daß die beiden Komplementärprozesse zusammen einen neuen, den Weißprozeß, anregen. Die großen Vorzüge der HERINGschen Theorie erkenne ich freudig an[1].“

d) Die Raumempfindungen.

Dem Gebiete der Raumempfindungen widmete MACH eine beträchtliche Anzahl von experimentellen Untersuchungen und förderte diesen Zweig der Psychologie von seinen jüngeren Jahren an bis ins Alter in weitgehendstem Maße. Er begann mit der

Gestaltauffassung.

Mit seiner Frage, warum uns geometrisch ähnliche Figuren auch psychologisch ähnlich erscheinen, warf er das Problem der Figur überhaupt erst auf. Zwei Figuren können ja geometrisch kongruent, physiologisch aber durchaus verschieden sein; am deutlichsten zeigt sich das, wenn man die eine Figur schief zu der zweiten stellt. „Die geometrische Ähnlichkeit zweier Gebilde ist bestimmt dadurch, daß alle homologen Entfernungen proportioniert, oder dadurch, daß alle homologen Winkel gleich sind. Optisch ähnlich werden die Gebilde erst, wenn sie auch ähnlich liegen, wenn also alle homologen Richtungen parallel, oder wie wir vorziehen wollen zu sagen, gleich sind[2].“ Die Raumempfindungen geben uns also Aufschluß über Gleichheit oder Ungleichheit der Richtungen und über Gleichheit oder Ungleichheit der Abmessungen.

---

[1]) Nr. 91, S. 55 f. — Nr. 19, S. 633 ff. — Nr. 18.

[2]) Nr. 91, S. 90.

Rechts und links, oben und unten, nah und fern sind physiologische, aber nicht geometrische Merkmale, die organisch bedingt sind. Der Eindruck der Symmetrie und der Ähnlichkeit erklärt sich daraus, daß „gleiche Abmessungen und gleiche Richtungen gleiche Raumempfindungen, zur Medianebene des Kopfes symmetrische Richtungen ähnliche Raumempfindungen auslösen“[1]).

Das räumliche Sehen.

Den Grundbau der Theorie HERINGS wie MACHS selber anerkennend sei zunächst erwähnt, wie MACH sich den Zusammenhang der Raumempfindungen mit den motorischen Prozessen denkt.

Liegen drei Punkte A B C senkrecht übereinander, und fixiere ich den untersten C, so erscheint der oberste Punkt A in einer gewissen Höhe. Erhebe ich nun den Blick auf den mittleren Punkt B, so behält A seine frühere Höhe. Sollte der Ort auf der Netzhaut allein maßgeben, so müßte A nach der Erhebung des Blickes tiefer erscheinen. „Der physiologische Prozeß also, der die willkürliche Erhebung des Auges bedingt, vermag die Höhenempfindung ganz oder teilweise zu ersetzen, ist mit ihr gleichartig, kurz gesagt algebraisch mit derselben summierbar. Drehe ich den Augapfel durch einen leichten Ruck mit dem Finger aufwärts, so scheint sich hierbei das Objekt A ... in der Tat zu senken. Dasselbe geschieht, wenn durch irgend einen anderen unbewußten oder unwillkürlichen Prozeß, z. B. durch einen Krampf der Augenmuskel, der Augapfel sich aufwärts dreht. Nach einer seit mehreren Dezennien bekannten Erfahrung der Augenärzte greifen Patienten mit einer Lähmung des Rectus externus zu weit nach rechts, wenn sie ein rechts liegendes Objekt ergreifen wollen. Da dieselben eines stärkeren Willensimpulses bedürfen als Gesunde, um ein rechts liegendes Objekt zu fixieren, so liegt der Gedanke nahe, daß der Wille, rechts zu blicken, die optische Raumempfindung „rechts“ bedingt. Ich habe vor Jahren (1875 f.) diese Erfahrung in die Form eines Versuches gebracht, den jeder sofort anstellen kann. Man drehe die Augen möglichst nach links und drücke nun an die rechten Seiten der Augäpfel zwei große Klumpen von ziemlich

[1]) Nr. 91, S. 94. — Nr. 5. — Nr. 21, S. 5. — Nr. 46.

festem Glaserkitt gut an. Versucht man alsdann rasch nach rechts zu blicken, so gelingt dies wegen der ungenauen Kugelform der Augen nur sehr unvollkommen, und die Objekte verschieben sich hierbei ausgiebig nach rechts. Der bloße Wille, rechts zu blicken, gibt also den Netzhautbildern an bestimmten Netzhautstellen einen größeren Rechtswert, wie wir kurz sagen wollen. Der Versuch wirkt anfangs überraschend. Wie man aber bald merkt, lehren die beiden einfachen Erfahrungen, daß durch willkürliche Rechtswendung der Augen die Objekte nicht verschoben, und daß durch gewaltsame unwillkürliche Linkswendung die Objekte nach rechts verschoben werden, zusammen genau dasselbe. Mein Auge, welches ich nach rechts wenden will und nicht kann, läßt sich als ein willkürlich rechts gewendetes und durch eine äußere Kraft gewaltsam zurückgedrehtes Auge ansehen[1]."

In diesem Zusammenhang sei eine eigentümliche Erscheinung, die MACH fand, nicht übergangen: „Wir betrachten in einem recht dunklen Zimmer ein Licht A und führen dann eine rasche Blickbewegung nach dem tieferen Licht B aus. Das Licht A scheint hierbei einen (rasch verschwindenden) Schweif nach oben zu ziehen. Dasselbe tut natürlich auch das Licht B. Der Schweif ist selbstverständlich ein Nachbild, welches erst bei Beendigung oder kurz vor Beendigung der Blickbewegung zum Bewußtsein kommt, jedoch, was eben merkwürdig ist, mit Ortswerten, welche nicht der neuen Augenstellung und Innervation, sondern noch der früheren Augenstellung und Innervation entsprechen. Ähnliche Erscheinungen bemerkt man oft beim Experimentieren mit der HOLTZschen Elektrisiermaschine. Wird man während einer Blickbewegung abwärts von einem Funken überrascht, so erscheint derselbe oft hoch über den Elektroden. Liefert er ein dauerndes Nachbild, so zeigt sich dieses natürlich unter den Elektroden. Diese Vorgänge entsprechen der sogenannten persönlichen Differenz der Astronomen, nur daß sie auf das Gebiet des Gesichtssinnes beschränkt sind[2]."

MACHs Bestreben geht darauf aus, „alle Raum- und Bewegungsempfindungen, welche im Gebiete des Gesichts- und

[1]) Nr. 91, S. 105 f.
[2]) Nr. 91, S. 107 f.

Tastsinnes, bei der Ortsbewegung, als Schatten selbst bei der Erinnerung an die Lokomotion, beim Gedanken an einen fernen Ort usw. auftreten, auf einerlei Empfindungsqualität zurückzuführen. Die Annahme, daß diese Empfindungsqualität der Wille sei, soweit er sich auf Raumlage und räumliche Bewegung bezieht, oder die Innervation, präjudiziert der weiteren Forschung nicht und stellt nur die Tatsachen dar, soweit sie bis jetzt bekannt sind"[1]).

Im einzelnen soll hier nicht untersucht werden, was MACH leistete, was hingegen HERINGs erfolgreiche Arbeit zutage förderte, da MACH selbst diese Handhaben nicht bietet. Zweifellos ist HERING mit dem Druck den Gedanken MACHs oft zuvorgekommen. Ein hübsches Argument für den Nativismus sei jedoch nicht übergangen. Aus dem Bericht des Blindgeborenen und Operierten, den CHESSELDEN bringt, wollte man, wie auch sonst öfter, schließen, daß die Tiefeneindrücke auf Außeroptisches zurückzuführen seien; der Betreffende erzählte nämlich, daß alles Gesehene seine Augen berühre. „Ein Zufall", so lesen wir bei MACH[2]), „vermittelte mir das Verständnis dieser Erscheinung. Als ich einmal in fremder Gegend in dunkler Nacht eine Strecke zu gehen hatte, fürchtete ich immer, an ein großes, schwarzes Objekt anzustoßen. Es war ein mehrere Kilometer ferner Berg, der bei der Unmöglichkeit zu fixieren und zu akkommodieren, wie sie eben bei frisch Operierten auch bestehen wird, diese Erscheinung bedingte. Wen die eigene Stereoskopie nicht überzeugt, daß auch die Tiefendimension optisch gegeben ist, den werden auch wohl die Erfahrungen der Rumpfmenschen (ohne Arm und Bein) Eva Lauk und Kobelkoff[3]) nicht belehren."

Den Zyklostaten hätte ich schon bei den Bewegungsempfindungen erwähnen können. Dieser von MACH erfundene Apparat[4]) dient dazu, die in einem rotierenden Zylinder befindlichen Tiere beobachten zu können, ohne daß das Bild durch die Rotation verwischt wird.

---

[1]) Nr. 91, S. 137.
[2]) Nr. 91, S. 112.
[3]) G. HIRTH, Energische Epigenesis. 1898, S. 165.
[4]) Nr. 73. — Nr. 91, S. 122 ff.

Optische Täuschungen.

Einige zu Schulexperimenten gewordene Versuche MACHs betreffen Erscheinungen, die nicht rein optisch sind, sondern von Bewegungsempfindungen begleitet werden. Zuerst ist da der Apparat zu nennen, der uns im Zimmer die Empfindung vermittelt, die wir auf einer Brücke, das Wasser betrachtend, leicht erzeugen können. Gewöhnlich empfinden wir uns in Ruhe, das Wasser aber in Bewegung. „Längeres Hinblicken auf das Wasser hat aber bekanntlich fast regelmäßig zur Folge, daß plötzlich die Brücke mit dem Beobachter und der ganzen Umgebung dem Wasser entgegen in Bewegung zu geraten scheint, während umgekehrt das Wasser den Anschein der Ruhe gewinnt." Ähnlich kann man die Erscheinung bei mehreren Eisenbahnzügen erhalten. MACHs Apparat besteht aus einem Ledertuchlaufteppich, der in gleichmäßiger Bewegung über zwei Walzen läuft[1]).

Bei seinen Arbeiten über den Kontrast[2]) zeigte MACH, daß die Abweichung vom Mittel der Umgebung auf die Lichtempfindung nicht einflußlos bleibt. Darauf beruht folgende optische Täuschung, die von MACH herrührt: Malt man eine Reihe von schwarzen und weißen Sektoren auf einen Papierstreifen und wickelt diesen nachher als Mantel auf einen Zylinder, so erhält man durch rasche Rotation des Zylinders ein graues Feld mit wachsender Helligkeit, aus der den Knickungen der Figur entsprechend hellere und dunklere Streifen hervortreten. Ordnet man zwei solcher Streifen nebeneinander an, so kann man zwei gleichgefärbte walzenförmige Wülste erhalten[3]).

Recht hübsch ist auch der folgende Versuch MACHs: „Wenn man ein Ei oder ein Ellipsoid mit matter, gleichmäßiger Oberfläche über den Tisch rollt, jedoch so, daß es sich nicht um die Achse des Rotationskörpers dreht, sondern hüpfende Bewegungen ausführt, so glaubt man bei binokularer Betrachtung einen flüssigen Körper, einen großen schwingenden Tropfen vor sich zu haben. Noch auffallender ist die Erscheinung, wenn ein Ei, dessen Längs-

---

[1]) Nr. 72, S. 85. — Nr. 91, S. 117 ff.

[2]) Nr. 18. Nr. 29. Nr. 30. Nr. 33. Nr. 34.

[3]) Nr. 91, S. 177 ff.

achse horizontal liegt, um eine vertikale Achse in mäßig rasche Rotation versetzt wird. Dieser Eindruck verschwindet sofort, wenn auf der Oberfläche des Eies Flecken angebracht werden, deren Bewegung man verfolgen kann[1]).“

Bei den Versuchen über monokulare Inversion begann er mit dem PLATEAUschen Drahtnetz[2]), das ein gedrehtes Objekt vorspiegelt. Namentlich gab er sich mit Täuschungen der dritten Dimension ab, so der in der Mitte geknickten Visitenkarte[3]) und zahlreichen gezeichneten Figuren[4]). Dabei zeigt sich, „daß jeder monokular gesehene Punkt nach dem Minimum der Abweichungen vom Mittel der Tiefenempfindung, und das ganze gesehene Objekt nach dem Minimum der Entfernung von der HERINGschen Kernfläche strebt, welches unter den Versuchsbedingungen erreichbar ist“[5]).

Nachbilder.

Einem konstanten Reizstrom entspricht kein konstanter Empfindungsstrom, sondern die Sinnesorgane wirken nach Art eines Relais. Deshalb können sich intermittierende Licht-, Schall- und Tastreize zu einem kontinuierlichen Empfindungsstrom zusammensetzen. Die Erschöpfung des Organs ist beim Licht- und Tastsinn leicht nachweisbar; am Gehörorgan zeigte erst MACH diese Erscheinung, indem er einen Harmoniumton eine halbe Stunde erklingen ließ. Ein Oberton nach dem anderen tritt mit voller Deutlichkeit hervor, was nur aus der Erschöpfung für die Partialtöne zu erklären ist, denen man die Aufmerksamkeit früher zuwendete[6]).

Dasselbe lehrt ein anderer Versuch MACHs: „Ein Gehilfe schlägt mit dem Hammer auf den Tisch, während wir mit den Fingern beide Gehörgänge zudrücken. Öffnen wir die Gehörgänge 0,5—1,0 Sekunden nach dem Aufschlagen, so hören wir den Schall neu entstehen. Wir können nach dem Aufschlagen einigemal die Gehörgänge rasch öffnen und schließen und hören

[1]) Nr. 91, S. 191.
[2]) Nr. 35.
[3]) Nr. 29.
[4]) Nr. 91, S. 180—186.
[5]) Nr. 91, S. 183 f.
[6]) Nr. 72, S. 58.

bei jedem Öffnen einen neuen Schlag, der natürlich desto schwächer ausfällt, je später das Öffnen nach dem Aufschlagen erfolgt. Dies erklärt sich aus dem im Zimmer fortbestehenden, allmählich abnehmenden Schallvorgang, der nur von dem nicht ermüdeten Organ bemerkt wird, oder wenn das Organ kurze Zeit Gelegenheit hatte, sich zu erholen [1])."

Wenn man auf eine Scheibe die ARCHIMEDESsche Spirale zeichnet und sie rotieren läßt, dann plötzlich anhält, so scheint die Scheibe oder ein angesehener Gegenstand zu schrumpfen oder sich zu dehnen, je nachdem man die Scheibe im einen oder anderen Sinne rotieren läßt. Gegen HELMHOLTZ wies MACH nach, daß hier die Augenbewegungen nicht im Spiele sind. Zu diesem Zwecke änderte er die PLATEAUsche Versuchsanordnung folgendermaßen: „Man lege auf eine große weiße Scheibe mit einer Spirale eine kleinere konzentrische mit einer entgegengesetzt laufenden Spirale, auf diese etwa noch eine dritte, noch kleinere, mit einer der ersten gleichlaufenden Spirale, und auf das gemeinschaftliche Zentrum aller Spiralen einen kleinen schwarzen Kreis. Während nun die Scheibe gedreht wird, kann man das Zentrum ganz scharf fixieren, indem sich jede Blickschwankung sofort durch die hellen Nachbildränder des Zentrums und der schwarzen Fäden verrät. Sieht man dann nach einem weißen liniierten Schirme, so erscheint auf demselben das dunkle Nachbild der Scheibe in drei teils schrumpfende, teils schwellende Ringe geteilt, und in diesem Nachbilde ganz fest und ruhig die hellen Nachbilder des Zentrums und der Fäden" [2]). Dieses Nachbild einer Reizveränderung ist also eine lokale Erscheinung der Netzhaut.

Auch die Lichtintensitätsänderung hinterläßt Nachbilder. Läßt man die Lichtintensität rasch wachsen, dann fallen, wieder wachsen, fallen usw., und erhält man sie zum Schluß konstant, so scheint sie doch fort und fort kleiner zu werden. Diese Versuche hat dann MACHs Schüler DVOŘAK [3]) im einzelnen durchgeführt.

---

[1]) Nr. 72, S. 60.
[2]) Nr. 72, S. 60.
[3]) DVOŘAK, Über die Nachbilder von Reizveränderungen. Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 61. — Nr. 72, S. 61 ff.

e) Die Zeitempfindung.

MACH vertritt eine spezifische Zeitempfindung. Der gleiche Rhythmus zweier Takte von verschiedener Tonfolge wird unmittelbar erkannt; das ist nicht Sache des Verstandes, sondern der Empfindung. Unter gleichen Glockenschlägen unterscheidet man den ersten, zweiten usf. Wodurch werden sie unterschieden? Oder: während ich über irgend etwas nachdenke, schlägt die Uhr, die ich nicht beachte. Wende ich aber nachher meine Aufmerksamkeit darauf, so kann ich in der Erinnerung die Schläge zählen. MACH nimmt an, daß jeder Schlag mit einer besonderen Zeitempfindung verknüpft ist.

Die Zeitempfindung hängt mit der organischen Konsumtion zusammen; wir empfinden die Arbeit der Aufmerksamkeit als Zeit. „Bei angestrengter Aufmerksamkeit wird uns die Zeit lang, bei leichter Beschäftigung kurz. In stumpfem Zustand, wenn wir unsere Umgebung kaum beachten, fliegen die Stunden rasch dahin [1].“ „Da die Aufmerksamkeit sich nicht zugleich auf zwei verschiedene Sinnesorgane erstrecken kann, so können deren Empfindungen nicht mit einer absolut gleichen Aufmerksamkeitsarbeit zusammentreffen. Die eine erscheint also später als die andere [2].“ So kann der Chirurg beim Aderlassen zuerst das Blut austreten sehen und dann den Schnepper einschlagen. MACH erschrak zuerst, und dann erst ertönte der Knall bei Explosionsversuchen. Das mit der Aufmerksamkeit fixierte Objekt kann früher erscheinen, trotz einer gewissen Verspätung, als ein indirekt gesehenes [3].

Ist die Zeit an die wachsende Arbeit der Aufmerksamkeit gebunden, so versteht man, warum sie analog der physikalischen nicht umkehrbar ist. „Es möchte wohl eine naheliegende und natürliche, wenn auch noch unvollkommene Vorstellung sein, sich das „Bewußtseinsorgan“ in geringem Grade aller spezifischer Energien fähig zu denken, von welchen jedes Sinnesorgan nur einige aufzuweisen vermag. Daher das Schattenhafte und Vergängliche der Vorstellung gegenüber der Sinnesempfindung, durch welche letztere die erstere stets genährt und aufgefrischt

[1] Nr. 91, S. 204.
[2] l. c., S. 205.
[3] l. c., S. 205.

werden muß. Daher die Fähigkeit des Bewußtseinsorgans, als Verbindungsbrücke zwischen allen Empfindungen und Erinnerungen zu dienen. Mit jeder spezifischen Energie des Bewußtseinsorgans hätten wir uns dann noch eine besondere Energie, die Zeitempfindung, verbunden zu denken, so daß keine der ersteren ohne die letztere erregt werden kann. Wie wäre es, wenn diese Energie den die arbeitenden Hirnteile nährenden Blutstrom unterhalten, an seinen Bestimmungsort leiten und regulieren würde? Unsere Vorstellung von der Aufmerksamkeit und Zeitempfindung würde dadurch eine sehr materielle Basis erhalten[1]."

Existiert eine besondere Zeitempfindung, so wird die Gleichheit zweier Rhythmen unmittelbar erkannt. Dabei muß man aber beachten, daß ein physikalisch gleicher Rhythmus noch nicht physiologisch gleich ist. Dasselbe gilt von ähnlichen Rhythmen.

„Es wird hiermit die Vermutung nahegelegt, daß die Empfindung der Zeit mit periodisch oder rhythmisch sich wiederholenden Prozessen in nahem Zusammenhang steht. Es wird sich aber kaum nachweisen lassen, wie es gelegentlich versucht worden ist, daß sich das allgemeine Zeitmaß auf die Atmung oder den Puls gründet. Diese Fragen sind jedenfalls nicht so einfacher Natur[2]."

Das Taktgefühl führt MACH auf eine größere psychische Empfindlichkeit zurück, „vermöge welcher ein geringfügiger psychischer Umstand die Aufmerksamkeit bestimmt, einen sonst gleichgültigen Vorgang zu beachten"[3].

Als Methode zur Bestimmung der Genauigkeit der Zeitschätzung benutzte MACH die eben merklichen Unterschiede[4].

Damit wären die wesentlichsten Spezialarbeiten MACHs besprochen. Es sei noch erwähnt, daß er sich mit den Gesichtsphantasmen[5]) beschäftigte, daß er die Ausfallserscheinungen bei seiner Lähmung[6]) untersuchte und Klarheit in die Erscheinungen des Traumes[7]) brachte.

---

1) l. c., S. 209f.

2) l. c., S. 212.

3) l. c., S. 213.

4) Nr. 16.

5) Nr. 91, S. 165—170.

6) Nr. 91, S. 143f.

7) HANS HENNING, Der Traum als assoziativer Kurzschluß. Wiesbaden 1914. S. 52ff.

2. MACHs genetische Psychologie.

Neben diesen Spezialarbeiten trat er mit größeren psychologischen Darlegungen hervor. Ähnlich wie HERBERT SPENCER war er der Ansicht, daß sich auch die seelischen Erscheinungen genetisch im Sinne von DARWINs Anpassungsgedanken entwickeln. Zweifellos hat er mit seiner genetischen Psychologie eine große Klärung der Ansichten und eine Reform der Betrachtungsweise erreicht. Was die Psychologie als Fachwissenschaft angeht, ist MACHs Auffassung rein phänomenalistisch; den Dualismus zwischen Leib und Seele sucht er durch seine funktionalen Elemente zu überbrücken. In unseren großen Zügen dürfen wir uns an die Kapiteleinteilung von „Erkenntnis und Irrtum“ halten; natürlich wird es hier nicht auf eine lückenlose Aufzählung aller kleinsten Einzelheiten ankommen, sondern es soll vornehmlich auf die strittigen Gebiete kritisch eingegangen werden.

Genetisch-ökonomische Darlegung der Psychologie. Unter einfachen Verhältnissen paßt sich das Tier durch angeborene Reflexe an, das genügt zur Erhaltung der Art; kompliziertere Lebensumstände bilden die vollkommneren Sinnesorgane aus. Daran schließt sich die Entwicklung des Vorstellungslebens. Beim Zurechtfinden im Kampfe ums Dasein entlastet zunächst die Erinnerung, dann die Arbeitsteilung. Sie erst ermöglicht die Kultur. Das wissenschaftliche Denken geht aus dem populären hervor: wie der Jäger die Beute erspäht, so jagt der Forscher dem Problem nach; nur hat jener praktische, dieser eigene Zwecke im Auge. Dabei handelt es sich um die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen; diese werden in Gedanken abgebildet und ergänzt. Wegen der Roheit vulgärer Anpassung wurde eine Anpassung der Gedanken aneinander nötig, also eine logische Läuterung des Denkens. Es ergeben sich nun zwei Typen des Denkens: das des Philosophen und das des Spezialforschers; beiden ist wohl das Ziel gemein, aber der Weg verschieden. Jedes Denken geht aus von der populären Weltansicht; diese wird in ihre letzten Elemente aufgelöst. Zuerst instinktiv, später bewußt entwickelte sich zum Zwecke der Analyse die Methode der Variation. Diese führt zu den „Elementen“.

MACH beginnt mit dem natürlichen Weltbild; in diesem ist

enthalten: Ich, die fremden Ich und die Außenwelt. Alle Transzendenzprobleme werden ausgemerzt. Er unterscheidet dann ein engeres Ich (= meine Bewußtseinsinhalte) und ein weiteres Ich (= solipsistisches Ich) und beginnt nun alles zu analysieren, auch das Ich. JOHN STUART MILL ging ähnlich vor; jedoch macht er das, was er mit der Welt vornimmt, nicht mit dem Ich, sondern läßt dieses selbständig. MACH dagegen sagt: „Wir haben hier die Elemente der realen Welt und die Elemente des Ich zugleich vor uns. Was uns allein weiter noch interessieren kann, ist die funktionale Abhängigkeit (im mathematischen Sinne) dieser Elemente voneinander [1].“ Nicht nur Wahrnehmungen und Vorstellungen reduzieren sich auf Elemente oder Empfindungen in diesem funktionalen Sinne [2]), sondern auch Gefühle, Affekte und Stimmungen. Hierbei vertritt MACH die Affektauffassung von KONRAD LANGE und JAMES, gegen die allerdings von WUNDT, MEUMANN und STÖRRING gewichtige Einwände lautbar wurden. Ein isoliertes Fühlen, Wollen und Denken gibt es nicht. Psychologen, die ein selbständiges Ich anerkennen, sind der gegenteiligen Ansicht, daß diese Größen sehr wohl isoliert vorkommen. — Das Empfinden bildet die Grundlage alles psychischen Lebens. Willkürliche und unwillkürliche Züge mischen sich dabei stets, jedoch ist der Mensch auch in den Willkürhandlungen gerade so Automat, wie die niederen Tiere. Der Begriff „Automat“ ist für die Psychologie sehr unbequem, weil ein Automat sich nicht an veränderte Bedingungen anpassen kann. Warum MACH die herkömmliche Terminologie verließ und statt „Determinismus“ „Automat“ sagt, wurde schon im philosophischen Teile erörtert. Mit dem Gegensatz des Physischen und Psychischen sich zu beschäftigen, sagt MACH, liegt kein Grund vor: „Was uns allein interessieren kann, ist die Erkenntnis der Abhängigkeit der Elemente voneinander [3].“

Gedächtnis, Reproduktion und Assoziation.

„Ein sinnliches Erlebnis ABCD ... bringt ein früheres AKLM ... in Erinnerung, d. h. es wird reproduziert. KLM ...

[1] Nr. 133, S. 10.
[2] Vgl. diese Schrift, 1. Abschnitt.
[3] Nr. 133, S. 28.

jedoch vermag BCD... nicht zu reproduzieren, so nimmt man an, es gehe von A aus, das in beiden gleichzeitig gegeben war. Dies ist nach MACH das einzige Assoziationsgesetz. Die Assoziation aus Ähnlichkeit und räumlicher Kontiguität übergeht er denn auch daraufhin. Auf der Assoziation beruht die psychische Anpassung an die Umgebung; sie wäre unmöglich, wenn die Umgebung nicht annähernd stabil wäre. Anders wie die Psychologen, die von einer Erkenntnistheorie ausgehen, redet MACH in seiner phänomenalistischen Erörterung nur von der Erwartung der Stabilität, nicht von dieser selbst. Wie HUME, so erklärt auch er, daß sich auf Grund der häufigen Reproduktion die Erwartung entwickele. Apriorische Deduktionen braucht er dabei nicht, solange er nicht sagt, daß die Erwartung apriorisch gültig ist. Kind wie Tier besitzt nur Reflexbewegungen; durch Assoziationen werden primitive Erfahrungen erworben. Die Assoziationen selbst sind nicht angeboren, sondern werden erworben. Auch Vorstellungskomplexe können sich assoziierend und reproduzierend verhalten. Der Faden der Assoziation ist oft schwer zu verfolgen, so bei der Phantasie. MACH unterscheidet hier nicht scharf genug zwischen wissenschaftlicher und künstlerischer Produktion; der Dichter merzt auch nicht das Unbrauchbare aus, sondern er steigert; dabei wirkt hauptsächlich eine Stimmung und ein Gesichtspunkt. Auch ist bei wissenschaftlicher und künstlerischer Produktion die Frage der Gültigkeit verschieden.

Manchmal nähert MACH sich der Auffassung von HERDER, so wenn er auf die Wahrnehmung eines blauen Tuches sich die Assoziation einer Kornblume einstellen läßt. Obwohl MACH dieses Beispiel nur auf Kinder bezieht, teilt er doch die HERDERsche Auffassung öfters bei Assoziationen Erwachsener. MACH und HERDER berücksichtigen dabei nicht das Moment der Abstraktion. Ohne Vergleichung würde sich das Identische nicht herausheben.

Beim wissenschaftlichen Nachdenken wird die Vorstellung zurückgeführt auf Vorstellung und erinnert hier in der Art des Erklärens an HOBBES, der auch immer auf eine unantastbare Festung zurückläuft. Bei der Aufgabe ein Quadrat einem Dreieck einzuschreiben[1]), wird die Lösung auf Grund einer Vor-

[1]) Nr. 133, S. 39.

stellungsreproduktion erfolgen, MACH hingegen führt sie auf Erinnern zurück. Damit löst er die Schwierigkeit nicht; ferner ist einzuwenden, daß er beim wissenschaftlichen Denken dem „unwillkürlichen Interesse“ eine große Bedeutung zuschreibt, jedoch gar nicht in der Erklärung darauf eingeht.

Ähnlich HOBBES, BAIN und den Engländern fällt denn bei MACH auch die Definition des Bewußtseins aus. Nach ihm hat das Bewußtsein seine Wurzel in Reproduktion und Assoziation; er weist also auf Akte von Empfindungen hin, das Gemeinsame ist das Bewußtsein. Reproduktion und Assoziation braucht jedoch gar nicht Bedingung des Bewußtseins zu sein: vielmehr sind physiologische Vorgänge Bedingung für das Auftreten von Empfindungen; wenn ein Reiz auftritt, also Reiz plus Reiznachwirkung, so erzeugt das erst das Bewußtsein. Bei MACH ist das Bewußtsein keine Qualität, die sich von anderen Qualitäten (etwa physischen) unterschiede, sondern die Empfindung ist etwas Einfaches und Fundamentales. Die qualitative Differenz läßt sich nun nicht trennen von der quantitativen, und so muß MACH von gegnerischen Psychologen mit anderen Grundauffassungen folgende Einwände hinnehmen:

1. In der Physik und beim Messen ist das Element eindeutig gegeben, in der Psychologie nicht.

2. Mit Empfindungen und Empfindungsreproduktionen können wir nicht Messungen machen.

3. Physische und psychische Messung ist verschieden.

Dabei wird ferner hinzugefügt, daß Zählen keine Empfindung ist, sondern ein Zusammenfassen ideeller Einheiten; dieses Zusammennehmen ist ein Abstraktionsgebilde. Denkakte — und der Zählakt ist ein solcher — lassen sich nicht auf Empfindungen reduzieren.

MACH geht dann auf die Lokalisation im Hirn ein, bringt anregende Beispiele, vermeidet aber eine prinzipielle Stellungnahme. So bleibt auch die Frage unbesprochen, ob die Urteilsfähigkeit im Gehirn lokalisiert ist.

Das Gedächtnis betrachtet MACH wie HERING[1]) als all-

[1]) EWALD HERING, Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie. Sitzber. d. Wien. Akad. u. Ostwalds Klassiker, Nr. 148.

gemeine organische Erscheinung. Dabei ist der Begriff Gedächtnis aber nicht derselbe, wie ihn die experimentelle Psychologie benutzt. Vererbung und Instinkt stellen sich dann dar als ein Gedächtnis, das über das Individuum hinausreicht. Im einzelnen war es SEMON[1]), der die Vererbung auf das Gedächtnis zurückführte; PFEFFER[2]) ist dem jedoch entgegengetreten. Die Beobachtungen von SWOBODA, auf die MACH sich hier wie andernorts öfters bezieht, müssen als harmonisierende Metaphysik allerschlimmster Sorte zurückgewiesen werden[3]). Dieser biologische Gedächtnisbegriff stört den psychologischen Gedankengang etwas, da MACH vorher nur von Assoziationsfasern gesprochen hatte, nun aber alle Zellen es sind, die für das Gedächtnis in Frage kommen und zwar allgemein. WILHELM OSTWALD ging sogar so weit, daß er der Salpetersäure Gedächtnis zuschreibt[4]).

Reflex, Instinkt, Wille, Ich. Mit Recht beginnt MACH die Untersuchung mit einer biologischen vorläufigen Lebensdefinition. Dieses Verfahren bedingt keine Aprioritäten, sondern er besitzt dadurch eine Hypothese, um die Tatsachen sichten zu können; sie ist auch hinreichend verifiziert. Mit Recht entscheidet er ferner die Frage: Mechanismus oder Vitalismus zuletzt. Bezüglich des Reflexes geht er auf die Arbeiten von GOLTZ und LOEB ein; in der Tierpsychologie nimmt er mit Recht einen neutralen Standpunkt ein.

Reflexbewegungen nennt er solche Bewegungen, die ohne Mitwirkung des Großhirns auf Reize hin eintreten. Instinkthandlungen sieht MACH nach dem Beispiele von J. LOEB als eine Kette von Reflexbewegungen an, von denen jedes folgende Glied vom vorausgehenden ausgelöst wird. Die herkömmliche Psychologie macht einen dreifachen Unterschied: I. Reflexe; 2. automatische Bewegungen; 3. Willensvorgänge. MACH scheidet nun zwischen dem ersten und zweiten nicht; darum steht bei

---

[1]) RICHARD SEMON, Die Mneme als arterhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens. Leipzig 1909.

[2]) PFEFFER, Sitzber. d. Kgl. Sächs. Akd., Bd. 30, Nr. 3, 1907.

[3]) HANS HENNING, Neupythagoräer. Ostwalds Annalen d. Naturphilos., Bd. 9, S. 217f. — Das Prinzip der geometrischen Harmonisierung erläuterte ich: Zeitschr. f. physikal. Chemie, Bd. 57, 2. Heft, S. 252, 1906.

[4]) WILHELM OSTWALD, Vorlesungen über Naturphilosophie. 1902, S. 369f.

ihm der Instinkt dem Reflex zu nahe. Gewöhnlich stellt man hingegen Instinkte zur zweiten Rubrik, z. B. wenn Unlust das Kind zum Saugen treibt. MACH steht auf der Seite von LOTZE und WUNDT, wenn er annimmt, im Willen trete nichts Neues hinzu. Er sagt: „Ein Kind hat reflektorisch ein Stück Zucker ergriffen und in den Mund geführt, ein anderes Mal aber nach einer Flamme gegriffen und ebenso reflektorisch die Hand zurückgezogen [1]." In späteren Fällen wird die Erinnerung fördern oder hemmen. „Die ‚willkürliche' Bewegung ist eine durch die Erinnerung beeinflußte Reflexbewegung [1]." Willensvorgänge oder Reflexe, bzw. Vorgänge, die auf Vorstellungen und Gefühle hin geschehen, sind einzuteilen in einfache und in komplexe Willensvorgänge. MACH redet nur von den einfachen. Bei Wahlakten aber spielt der Urteilsprozeß eine ausschlaggebende Rolle, die sich nicht als Reflex darstellen läßt. Er berücksichtigt ferner nicht das Willensgefühl; dieses ist eine Verschmelzung von Gefühl und Bewegungs- und Spannungszuständen, die bei Innervationen entstehen. Die Innervationen werden gehemmt, dann tritt die Verschmelzung ein. MACH nennt den Willen einen Reflex, ausgebildet durch Assoziation: „Was wir Willen nennen, ist nur eine besondere Form des Eingreifens der temporär erworbenen Assoziationen in den vorausgebildeten festen Mechanismus des Leibes." „Die Modifikation der Reflexvorgänge durch auftretende Erinnerungsspuren nennen wir Willen [1]." Dem ist entgegenzuhalten, daß Unlustgefühle sich z. B. in antagonistische Zentren entladen. Übrigens ist das auch kein Reflex mehr. In den Reflex greift keine Assoziation ein, sondern in Reproduktionsvorgänge greifen die Reproduktionen ein, die in früheren Prozessen Reflexe waren. Der frühere Reflex hat Assoziationen bedingt, diese wirken nun bestimmend; das ist aber ganz etwas anderes. Außerdem kann die Assoziation nicht aus Reflex entstehen. Ein Reflex ist gar nicht vorhanden, nur die Beziehung der Vorstellung von früher; diese geht als Neues ein. Ferner berücksichtigt er gar nicht das Mitwirken von Gefühlen und automatischen Bewegungen in seinem Bestreben, alles auf Empfindungen zurückzuführen. Im Instinkt z. B. ist ein Gefühlsteil enthalten.

[1]) Nr. 133, S. 57.

Von den unmittelbar zentralen Prozessen geht MACH zu den peripheren über, den Innervationsempfindungen, gegen die nichts einzuwenden ist.

Über das Ich gibt MACH deskriptive und genetische Bestimmungen. Ich ist die Gesamtheit der zusammenhängenden Vorstellungen. Das ist, es besteht aus den Erinnerungen unserer Erlebnisse mit den durch diese bedingten Assoziationen. Das weitere Ich enthält noch die Empfindungen, zunächst die Organempfindungen; es hängt also mit dem ganzen Leib zusammen. Das Ich im weitesten Sinn umfaßt noch die von der gesamten physischen Umgebung ausgelösten Sinnesempfindungen. Genetisch bildet das Ich die Reihe Organempfindungen, später entwickelt sich das Sinnesleben; dann tritt der Geschlechtstrieb hinzu usw. In dritter Hinsicht schildert MACH das Ich in psychopathologischer Betrachtungsweise.

Im einzelnen ist zu bemerken: Daß beim Ich Gefühle und Beziehungsgedanken keine Rolle spielen sollen, ist merkwürdig. In niederen Stufen ist sicher das Ich der fühlende und begehrende Leib (vgl. AVENARIUS). Persönlichkeit, da hat MACH recht, ist abhängig von Organempfindungsänderungen; er sagt nicht, daß diese Organempfindungen das Wesentliche sind, sondern die zusammenhängenden Vorstellungen. Die meisten Psychologen betonen die Vorstellung vom Leib bedeutend stärker. Außerdem sind folgende Ergänzungen bei MACH nicht ausgesprochen: die Beziehungen der Willensakte und Gefühlszustände zum Ichbewußtsein; sittliche und ästhetische Gefühle; emotionelle Elemente; das Bewußtsein der Fähigkeit des Vollzugs von psychischen Akten und das Wichtigste: das Bewußtsein von psychischen Dispositionen. Ferner scheidet MACH das Ich nicht vom Ichbewußtsein, obwohl das Ich different aufgefaßt wird. Reproduzierte Gefühle und Interessegefühle schließen sich an, sie werden wichtiger, dann beachtet der Mensch das Verhältnis von Körper zu Körper u. a. So fehlen auch in der genetischen Betrachtung Faktoren.

Individuelle Erfahrungen sammeln die Tiere wie der Mensch. In der genetischen Erörterung läse man noch gern, daß Tiere keine Überlegung besitzen (das wäre Reflexionspsychologie), wenn auch abstraktes Denken ohne Sprache möglich ist. Die

SIGWARTschen Betrachtungen[1]) über Begriffe des Kindes weisen ferner auf Mängel bei MACH. Mit begrifflichen Beziehungen zwischen abstrakten Größen kann das Kind nicht operieren; Beziehungsgedanken lassen sich auch nicht auf Empfindungen zurückführen. Zuletzt ist einzuwenden, daß wohl identische Reize identisch, verschiedene aber verschieden wirken; dabei braucht aber nicht das Bewußtsein vorhanden zu sein, daß sie identisch bzw. verschieden sind.

Die Entwicklung der Sprache ist zu sehr aus Assoziationen abgeleitet; die logischen und höheren Faktoren bleiben unberücksichtigt.

Erkenntnis und Irrtum. Die Lebewesen, sagt MACH, sind angeborener und erworbener Massen angepaßt. Bei veränderten Umständen nun kann das Angepaßtsein vernichtend wirken. Das trifft auch zu z. B. beim Angelköder. Die Empfindung wird erst selbständig, wenn der Reflex wegen der komplizierteren Lebensbedingungen vieldeutig wird. Das biologische Interesse fordert Beachtung wichtiger und richtiger Assoziationen, die dadurch permanent werden. Eine psychische Entwicklung braucht dabei gar nicht im Spiele zu sein. Irreführende Assoziationen mit schädlichen Folgen wirken als Korrektiv; so bildet sich die bewußte Vorstellungsanpassung, welche die Übereinstimmungen und Unterschiede beachtet. Sie erstrebt neben der Permanenz die Differenzierung der Erlebnisse. Der Vorstellungsverlauf wird ein getreues Abbild des Naturverlaufes. Ein Erlebnis, z. B. Verwechslung von giftigen und eßbaren Pilzen oder Beeren, wird gesondert betrachtet, in Teile zerlegt. Ein Urteil ist der sprachliche Ausdruck dafür, daß wir eine Seite des Erlebnisses durch eine andere als näher bestimmt ansehen. Der sprachliche Ausdruck nötigt zum Abstrahieren. Nicht jedes Urteil ist einfach auf sinnenfällige Beobachtung gegründet; oft kommt nicht eine anschauliche Vorstellung in Betracht, sondern ein Begriff, der durch seine Definition eine Summe von Erfahrungen konzentriert enthält. Im Begriffe liegt ein potentielles Wissen; eine anschauliche Vorstellung repräsentiert den Begriff. JERUSALEM nannte solche Vorstellungen typische.

Diese Bestimmungen sind wichtig. Es fehlt bei MACHs

[1]) CHR. SIGWART, Logik. Tübingen 1904. Bd. 1, S. 51 ff.

Urteil jeder Gültigkeitscharakter, das Bewußtsein der Gültigkeit. Phantasieurteile und Frageprozesse sind den logischen Urteilen nicht gleichwertig. Es kommt auch nicht auf das Hervorheben der einen Seite zur anderen in Betracht, sondern diejenige von Subjekt zu Prädikat. Wie WUNDTs Zerlegung von Vorstellungsprozessen in begriffliche Bestandteile, so trifft auch MACH der Einwand von SIGWART; dererlei führe nur zum Präludium, nicht aber zum Urteil. Bei MACH vermißt man ferner die Repräsentation im abgekürzten Urteil (Mathematik). Ohne weiteres ist etwas dunkel bewußt, ohne daß man es ganz denkt; es klingt an und so stellt man richtig ein. Dies wird nicht etwa durch das potentielle Wissen bei MACH erschöpft. Psychologische Untersuchungen dieser Art liegen von der KÜLPE-Schule vor[1]).

MACH bestimmt: Richtig nennen wir ein Urteil, wenn wir es dem Befund angemessen finden; bewährt es sich aber nicht, dann ist es ein Irrtum. Erkenntnis und Irrtum fließen aus derselben Quelle, nur der Erfolg scheidet beide. Irrtümer rühren stets von unzureichender Betrachtung her. Auf diesem Standpunkt steht der moderne Pragmatismus. Dagegen hat KÜLPE[2]) eingewendet: Dazu, ob etwas von Erfolg ist oder nicht, gehört auch ein Urteilsprozeß, den wir als richtig voraussetzen. Im philosophischen Teile wurde bereits darauf hingewiesen, daß MACH schon bei dieser Fragestellung seine unterschiedliche Methodik verwendet, und daß es ihm gar nicht auf eine sofortige logische Entscheidung ankommt, ob etwas von Erfolg ist oder nicht.

MACH faßt seine Position zusammen: „daß es dieselben psychischen Funktionen nach denselben Regeln ablaufend sind, welche einmal zur Erkenntnis, das andere Mal zum Irrtum führen“[3]). Trotzdem beides psychologisch dasselbe ist, kann man von Wahrheit und Irrtum reden, weil uns die Tatsachen ohne Urteilsprozesse gegeben sind. Die einen finde ich bestätigt, die anderen führen zu Widersprüchen. MACH würde sagen: Ich

---

[1]) Gelegentlich (S. 113) polemisiert MACH auch gegen die HUMEsche Auffassung, das Urteil sei ein besonderer Akt des Glaubens. In diesem exakt-psychologischen Sinn meinte es aber HUME gar nicht.

[2]) WUNDTs Psych. Stud., Bd. 19.

[3]) Nr. 133, S. 123.

achte darauf, was biologisch fördernd ist; das hebt sich heraus aus dem, was dies nicht ist. Seine Gegner wenden darauf ein: 1. Urteile kann man mit Tatsachen nicht vergleichen. 2. Verifikationen schließen Deduktions- und Verifikationsurteile in sich. Auch hierauf muß MACH auf seine unterschiedliche Methodenlehre weisen und darauf, daß er keine sofortige logische Entscheidung verlangt.

Der Begriff. Psychologisch ist der Begriff für MACH ein Bewußtsein von Reaktionen. Er ist kein Augenblicksgebilde, sondern die lange psychologische Bildungsgeschichte wirkt mit, indem zu der typischen Vorstellung eine Reihe latenter oder potentieller Erinnerungen an eine Menge von Erfahrungen oder Reaktionen hinzutritt. Dies spricht MACH mit Recht den höheren Tieren nicht ab. Wie Begriffe und Worte abzugrenzen sind, entscheidet das praktische und wissenschaftliche Bedürfnis; so bringen Stände und Spezialisten neue Einschränkungen. Die biologisch wichtigen Elemente (z. B. beim Vogel, der sich von roten Beeren nährt, die Merkmale „rot“ und „süß“) werden im Organismus betont. In der Teilung des Interesses, der Aufmerksamkeit besteht die Abstraktion. So nähert sich das Erinnerungsbild schon der Abstraktion. Auf der höchsten Stufe ist der Begriff das an das Wort gebundene Bewußtsein von Reaktionen, die man zu erwarten hat; dabei wird das Interessierende hervorgehoben, das Unabhängige vernachlässigt.

MACH hat keinen Unterschied zwischen Allgemein- und Einzelurteilen. Seine Auffassung ist insofern einseitig, als er den Begriff nur so nimmt, wie ihn der Forscher verwendet. Dort fehlen ihm dann die in Bereitschaft liegenden repräsentativen Vorstellungen. Der Begriff wird behandelt 1. in der Logik, 2. wie er sich im wissenschaftlichen Arbeiten und im naiven Denken darstellt, also in der Psychologie. MACH trennt die logische Klasse nicht von der psychologischen. Dann analysiert er auch nicht das potentielle Wissen; wenn dieses auch nicht von vornherein abzulehnen ist, so bleibt immerhin zu erörtern, was für eine Sorte von Wissen das ist. Begriff ist Bewußtsein von Reaktionen. In diese gehen nach MACH auch Urteile ein, z. B. da, wo man Formeln verwendet oder wo man es mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten zu tun hat. Auf Grund

des Gesetzes ergeben sich Reaktionen; auch die Zähloperation, die Summe der Winkel, der Dreiecksbegriff ist für MACH eine Reaktion. Die Geruchsempfindung des Hasen (S. 125) ist auch eine Reaktion, aber das ist doch gewiß eine andere Sorte von Reaktionen als diejenigen bei mathematischen Überlegungen. Bei MACHs Begriff des Einzelwissenschaftlers fehlt die Betonung, daß das Wissen um Reaktionen ein Urteilsprozeß ist, der mit Gültigkeit verbunden ist. Richtig ist dabei, daß der ganze Komplex nicht präsent zu sein braucht. Bei menschlichen Begriffsbestimmungen ist das Bewußtsein der begrifflichen Gültigkeit vorhanden, beim Tier ist das einfacher. MACH beruhigt sich beim Einfacheren. Er betont weiterhin, daß dem Begriff die unmittelbare Anschaulichkeit fehlt: 1. weil er eine Klasse von Tatsachen darstellt, die nicht auf einmal vorgestellt werden kann, 2. weil die anschauliche Vergegenwärtigung der gemeinsamen Merkmale der Individuen Zeit beansprucht. Gewiß, damit ist aber noch nicht gesagt, daß ein Teil nur potentiell da ist, es kann doch alles vollständig vorhanden sein, wie die Arbeiten von KÜLPE, DÜRR, BÜHLER und WATT zeigen.

Dieses Herausheben der Komponenten, die Abwesenheit der Vorstellungen als Ganzes im Begriffe findet man auch bei HERBART; es sind Begriffe ohne repräsentative Vorstellungen. Die Bedeutung der Abstraktion bei der Begriffsbildung braucht nicht so durchschlagend zu sein, wie MACH sie darstellt, z. B. im Beispiel des Trägheitsgesetzes (S. 137ff.) und bei GALILEIs Fallversuch (ib.).

Eigenartig ist, daß das Resultat der Reaktionen immer wieder sinnliche Tätigkeit ist. Auch wird die Empfindung zu stark hervorgehoben: man kann Reaktionen ohne sinnliche Empfindungen machen. Dann ist der naive Begriff zu wenig berücksichtigt, darunter leiden viele Probleme. Es kann z. B. jemand richtige Allgemeinbegriffe machen, ohne definieren zu können.

Empfindung, Anschauung, Phantasie. Früher war bei MACH auch Gefühl, Anschauung, Phantasie eine Empfindung; nun kommt er zur Empfindung im engeren Sinn, wie sie im wissenschaftlichen Betrieb definiert wird. „Unsere eigentlichen psychischen Arbeiter sind die sinnlichen Vorstellungen, die Begriffe aber die Ordner und Aufseher.“ „Die Sinnesempfindungen

sind ... die ursprünglichen Motoren[1]." In der genetischen Entwicklung schließt MACH sich HERBERT SPENCER an. Die weiteren Ausführungen lehnen sich an einen Vortrag des Physikers O. WIENER[2]) an: Die physikalischen Hilfsmittel stellen eine Erweiterung und eine Verfeinerung unserer Sinnesorgane dar. Die physikalischen Theorien werden von der besonderen Qualität unserer Sinnesempfindungen unabhängig. „Wir treiben Physik, indem wir Variationen des beobachtenden Subjekts ausschließen, durch Korrektionen entfernen, oder in irgend einer Weise von denselben abstrahieren. Wir vergleichen die physikalischen Körper oder Vorgänge untereinander, so daß es nur auf Gleichheit und Ungleichheit einer Empfindungsreaktion ankommt, die Besonderheit der Empfindung aber für die gefundene Beziehung, die in Gleichungen ihren Ausdruck findet, nicht mehr von Belang ist. Hierdurch gewinnt das Ergebnis der physikalischen Forschung Gültigkeit nicht nur für alle Menschen, sondern selbst für Wesen mit anderen Sinnen, sobald sie unsere Empfindungen als Anzeigen einer Art physikalischer Apparate betrachten. Dieselben würden nur für diese Wesen keine direkte Anschaulichkeit haben, sondern müßten hierzu in ihre Sinnesempfindungen übersetzt werden, etwa so, wie wir uns Unanschauliches durch graphische Darstellung veranschaulichen[3]).

Das ist ein großes Zugeständnis, aber so weit geht MACH nicht, daß er zugäbe, etwa jene Wesen könnten unseren Thermometer auf ihre Art ablesen, sondern er zieht sich sofort wieder in eine phänomenalistische Reserve zurück. Immerhin wird die physikalische Forschung aber doch gültig für Wesen mit anderen Sinnen, wir kommen also doch über unsere Sinne hinaus mit der Gültigkeit. Weitere Konsequenzen zieht MACH jedoch nicht daraus.

Das ganze System der zeitlich und räumlich geordneten Empfindungen nennt MACH Anschauung. Diese sonst nicht übliche Einteilung entspringt seiner phänomenalistischen Betrachtungsweise und dient als Brücke zwischen Empfindung und Phantasie. Sie besitzt Charakteristika der Einstellung und der Aufmerksam-

[1]) Nr. 133, S. 142f.
[2]) O. WIENER, Die Erweiterung der Sinne. Leipzig 1900.
[3]) Nr. 133, S. 147.

keit, sowie der intuitiven Erkenntnis. Aus der Anschauung schöpft die Erinnerung, sagt MACH, und Erinnerungsmerkmale finden wir in jeder Phantasie. Der Unterschied wird hierdurch fast zu sehr verwischt, ebenso stellt MACH die Phantasie zu nahe an die Halluzination. Die Begriffsbestimmung dieser Phänomene wird etwas vag, da er sich auch hier an SEMON und SWOBODA wieder anschließt, welche die Termini nicht im psychologischen Sinne verwenden. Die wissenschaftliche und die künstlerische Phantasie scheidet MACH dadurch, daß letztere einen Einschlag von Halluzination enthalte. Es wurde bereits vorher auf diese Frage kritisch eingegangen.

Die physiologische Theorie des Raumes. Wir brauchen hier nur noch nachzutragen, was im philosophischen Teile nicht besprochen wurde.

Wie HERING, so betont auch MACH, daß identische (korrespondierende) Netzhautstellen identische Höhen- und Breitenwerte, symmetrische Netzhautstellen dagegen identische Tiefenwerte haben. Verschiedenfarbige kongruente Bilder, die auf dieselben Netzhautstellen fallen, werden als gleiche Gestalten erkannt. Die Raumempfindung ist aber nicht unabänderlich an bestimmte Netzhautstellen gebunden; das sehen wir bei Augenbewegungen. Der physiologische Prozeß, der die willkürliche Erhebung der Augen bedingt, vermag die Höhenempfindung zu ersetzen. Der Wille, Blickbewegungen auszuführen, sagt MACH, ist die Raumempfindung selbst. Wenn die (12) Augenmuskeln einzeln innerviert werden, gelangt man nicht zum Verständnis der Dreidimensionalität des Raumes. Darum tritt MACH der Ansicht HERINGS bei, daß nach Höhe, Breite und Tiefe eine dreifache Innervation stattfinde. Ob man die Innervation selbst für die Raumempfindung hält, oder sich vor oder hinter derselben erst die Raumempfindung vorstellt, ließ MACH zunächst als belanglos unentschieden. BAIN, HELMHOLTZ und WUNDT nehmen an, die Innervation werde empfunden; JAMES und MÜNSTERBERG halten alle kinästhetischen Empfindungen, welche die Bewegung begleiten, für peripherisch. Die Innervationen werden nicht empfunden, sondern deren Folgen setzen neue peripherische sensible Reize, die an die Ausführung der Bewegung gebunden sind. Deshalb spricht sich MACH später

gegen das Empfinden der Innervationen aus; die Annahme sei unökonomisch. Bei seiner Lähmung konnte MACH auch den Willen zur Bewegung nicht aufbringen.

Die Raumwerte gesehener Gegenstände zerlegt MACH in zwei Komponenten, „deren eine von den Koordinaten des Bildpunktes auf der Netzhaut, deren andere von den Koordinaten des Blickpunktes abhängt, und welche Komponenten bei willkürlichen Änderungen des Blickpunktes sich gegenseitig kompensierende Änderungen erfahren [1].“ Da die Empfindung der Innervation entfällt, bleibt nur übrig, mit HERING „den Ort der Aufmerksamkeit als durch einen bestimmten psychophysischen Prozeß bedingt anzusehen, der zugleich das physische Moment ist, welches die entsprechende Innervation der Augenmuskel auslöst [2].“

Es handelt sich also um einen zentralen Prozeß, so daß der Einwand von WUNDT [3], MACHs Wille sei ein Vermögen, hinfällig wird; ebenso derjenige von ABB [4], der Zusammenhang des Willens mit der Netzhautempfindung widerspräche dem Angeborensein der Raumanschauung [5].

Die Zeit. Wir empfinden die Zeit unmittelbar, ohne das gäbe es keine Chronometrie. Der Zeitempfindung liegen physiologische Prozesse zugrunde, denn wir erkennen die Gleichheit von Rhythmen und Zeitgestalten z. B. an Melodien verschiedenster Qualität wieder.

Die Unterschiede zwischen physiologischer und metrischer Zeit sind analog wie die Verhältnisse beim Raum. Beide Zeiten erscheinen kontinuierlich, allein die physikalische Zeit verfließt uns bald rascher, bald langsamer. Die Gegenwart hat eine endliche variable Zeitausdehnung. MACH tritt also mit Recht der Ansicht von JAMES entgegen, der die Gegenwart auffaßt als den mathematischen Schnittpunkt einer Geraden durch eine

[1] Nr. 91, S. 145f.

[2] Nr. 91, S. 146.

[3] WUNDT, Lehrbuch der physiologischen Psychologie. 5. Aufl., Bd. II, S. 660.

[4] EDMUND ABB, Kritik des KANTschen Apriorismus vom Standpunkt des reinen Empirismus aus unter Berücksichtigung von J. ST. MILL und MACH. Diss. und Preisschr. Zürich, und Arch. f. d. ges. Psych., Bd. 7, Heft 3/4, S. 28.

[5] Vgl. auch Nr. 133, S. 56—58.

Ebene. Mit der Gegenwart ist die Zeitausdehnung eigentlich erschöpft; die Vergangenheit wird erinnert, die Zukunft mit der Phantasie ergänzt, und zwar beide in verkürzter Perspektive.

Biologisch entwickelt sich die Zeitempfindung und Zeitvorstellung in der Anpassung an die zeitliche und räumliche Umgebung. Hier folgt MACH also der Auffassung SPENCERs.

Gehen wir nun auf MACHs physiologische Theorie der Zeit ein. In der Reproduktion sind uns die Empfindungselemente nicht nur der Qualität und Anordnung nach, sondern auch dem räumlich-zeitlichen Ausmaße gemäß gegeben. Es wird also gewissermaßen neben den Sinneselementen ein nicht absolut, aber doch relativ fester Grund (nach Art der photographischen Platte oder der Phonographenwalze) mit reproduziert. Der zeitliche Verlauf der Bewußtseinserlebnisse schließt kein Bewußtsein dieses zeitlichen Verlaufes in sich. Das Bewußtsein faßt stets einen endlichen Zeitabschnitt (die Gegenwart), in welchem zugleich Empfindungen und Vorstellungen auftauchen und verschwinden. Denkt man sich hierzu den relativ beständigen, durch Gemeingefühle usw. charakterisierten Ichkomplex, so stellt dieser einen Felsen vor, an dem der zeitlich geordnete Strom der Veränderung vorbeizieht. Allein mit dem bloßen Nummerieren und Inventieren ist der Prozeß noch nicht erschöpft; es fehlt der feste, die Verzerrung hindernde Hintergrund.

Das Leben definiert MACH mit HERING als einen Gleichgewichtszustand zwischen Konsumtion und Restitution. Dabei finden wir nun eine Menge periodischer Vorgänge: Herzschläge, Puls, Atmen usw. Auch die Aufmerksamkeit zeigt Schwankungen; die Dauer einer solchen beträgt etwa mehrere Sekunden, und das bezeichnen wir physiologisch als Gegenwart. Diese Phase nun ist der verzerrungshindernde Hintergrund der Zeitempfindungen. Für die Ordnung der Zeit im großen genügt der Faden der Assoziation.

Diese Phase mag man als Arbeit der Aufmerksamkeit bezeichnen. Bei angestrengter Aufmerksamkeit wird die Zeit überschätzt, bei leichter Beschäftigung unterschätzt[1]). Aus dieser Arbeit der Aufmerksamkeit geht die Eindeutigkeit der Zeit her-

[1]) Dieser Satz ist von ABB, l. c., im umgekehrten Sinne verstanden worden.

vor. Diese „Arbeit“ will nur Anregung zu physiologischen Untersuchungen sein, keine fertige Theorie, die bei dem unentwickelten Stand der Forschung ja sowieso noch Arbeitshypothese sein muß.

Nun lernt man die Zeitempfindung als unabhängig von dem übrigen Inhalt der Erlebnisse kennen, so wird deren Folge ein Register für die übrigen Qualitäten. An physikalischen Daten, etwa den Pendelschwingungen, bildet sich die Vorstellung der gleichmäßig fließenden Zeit. Dann werden physikalische Vorgänge als Zeitmaßstab benutzt. Dabei enthält das chronometrische Maß aber keine zeitliche Substanzialität; denn die Messung gibt nur das Verhältnis zum Maßstab an, der Maßstab selbst wird nicht berührt. Zwischen der unmittelbaren Empfindung der Dauer und der Maßzahl ist so scharf zu unterscheiden, wie zwischen Wärmeempfindung und Temperatur.

MACH und die Biologie.

MACH schreibt von seinem Vater, er sei ein leidenschaftlicher Darwinianer gewesen. Dasselbe kann man auch von ihm selber behaupten: er ist nicht der einzige, der DARWINs Lehre seine ganze Entwicklung verdankt, und der auf diesen Gedanken eher als auf einer Erkenntnistheorie sein Gebäude aufrichtete. Vor DARWIN hat HERBERT SPENCER (1855) die Psychologie auf die Entwicklungslehre gegründet. MACH nimmt 1866 dieselbe Stellung ein. Von ganz besonderem Einfluß auf ihn war ferner HERINGs Vortrag über das Gedächtnis als allgemeine Funktion der Materie.

Die DARWINsche Selektionstheorie stellt im Grunde genommen lediglich eine negative Seite, eine Ausmerzung und eine Auslese auf. Diese Matrize bedarf einer Büste. DARWIN gibt sie in der Variation, die eine Eigenschaft der organisierten Materie ist; eben darin besitzt auch die Vererbung erworbener Eigenschaften ihren Träger.

MACHs grundlegende Auffassung der Biologie charakterisiert sich folgendermaßen: 1. leugnet er die Vererbung erworbener Eigenschaften (LAMARCKsches Prinzip) mit A. WEISMANN, dessen Keimplasmatheorie (Germinalselektion) er sich anschließt. Die Ansichten desselben Autors über die Kontinuität, den Tod als Vererbungserscheinung, sowie über die Unsterblichkeit der Einzelligen, die allerdings die übliche Terminologie sehr verflüchtigen, kommen MACH sehr gelegen.

2. tritt er der Stellungnahme bei, die G. TH. FECHNER begann, die E. HERING fortführte und als klassisches Programm aufstellte, und die R. SEMON ins einzelne ausarbeitete. Sie will die Vererbung gewissermaßen ins Psychische übersetzen, verflüchtigt jedenfalls die materiellen Prinzipien stark, die auch MACH in seiner Philosophie der Materie nur behindern können.

3. nimmt MACH den weiteren Entwicklungsbegriff von CARL ERNST V. BAER auf. Damit rückt er namentlich von HERBERT SPENCER ab. Daß MACH gerade SPENCER so überaus selten zitiert, wo er sonst im Heranziehen von Autoren eine unglaubliche Reichhaltigkeit besitzt, muß bei den gleichlaufenden Interessen sehr erstaunen. Nun, SPENCERs Philosophie kann dem Naturforscher wenig Freude bereiten[1]; dann aber lag SPENCER in jahrelanger Fehde mit WEISMANN.

Wenn WEISMANN die Unsterblichkeit der Einzelligen lehrt, so wird die Abgrenzung des Individuums dadurch verwischt, wo nicht gar zerstört, und die Individualität der Kontinuität geopfert. Denselben Charakter zeigt auch die ganze Keimplasmatheorie im Gegensatz zu LAMARCKs Ansicht. WEISMANN macht also mit der Individualität der Einzelligen dasselbe, was MACH mit der Individualität schlechthin vornimmt. Denn in den wesentlichsten Worten über das Ich sagt MACH: „Das Ich ist keine unveränderliche, bestimmte, scharf begrenzte Einheit. . . . Wichtig ist nur die Kontinuität. Diese Ansicht stimmt mit derjenigen, zu welcher WEISMANN durch biologische Untersuchungen gelangt“[2].

Von medizinischer Seite wendete besonders RUDOLF VIRCHOW[3] ein, daß WEISMANN die Terminologie unrichtig verändere, ebenso wurden von biologischer Seite gewichtige Einwände laut[4].

Der zweite Punkt, das HERING-SEMONsche Gedächtnis, wurde bereits im psychologischen Teile besprochen; es sei je-

---

[1]) HANS HENNING, Irrgarten der Erkenntnistheorie, S. 73—79.

[2]) Nr. 91, S. 19.

[3]) RUDOLF VIRCHOW, Über die Akklimatisation. Naturforscher-Versammlung, Straßburg 1885, S. 540 f. (WEISMANNS Entgegnung ebenda S. 550 ff.) — Virchows Archiv, Bd. 103, S. 7 ff. — Rassenbildung und Erblichkeit. BASTIAN-Festschrift, Berlin 1896. — Anlage und Variation. Sitzungsber. d. kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1896, Bd. 23. — Transformismus und Deszendenz. Berl. klin. Wochenschr. 1893, Nr. 1 und Preuß. Jahrb., 71, Heft 2. — Deszendenz und Pathologie. Virchows Arch. 1887, 103. — Die Trugschlüsse, die HAECKEL und SCHWALBE auf Grund skalpierter VIRCHOW-Zitate über VIRCHOWS Stellung zur Entwicklungslehre verbreitet haben, bespreche ich in einer besonderen VIRCHOW-Monographie.

[4]) OSKAR HERTWIG, Allgemeine Biologie. Jena 1906, S. 359—361; 452—461; 566—568; 570 f.; 577; 616; 620 f.; 630—635.

doch nicht übergangen, daß auch die Biologie Weiterungen erheben mußte[1]).

Weit glücklicher ist der dritte Faktor, die Annahme des Entwicklungsbegriffes, wie ihn CARL ERNST V. BAER aufstellte[2]). Es ist eine Beschränktheit, wenn man „das Tier in seinem momentanen Zustand als ein abgeschlossenes, fertiges Objekt auffaßt, anstatt es als eine Phase in der Reihe seiner Entwicklungsformen, und die Art selbst als eine Phase der Entwicklung der Tierwelt überhaupt zu betrachten"[3]). Man entgeht dadurch vielen ergebnislosen Fragestellungen, z. B. wo fängt in der Entwicklung der Flügel des Vogels an, wo hört das Bein des Reptils auf? Die Darstellung wird dadurch zusammenhängend und einheitlich. Daß diese Kontinuität des Werdens im allgemeinen sich MACHs philosophischen Anschauungen, vornehmlich aber seinem Prinzip der Kontinuität, aufs innigste anschmiegt, braucht des näheren nicht ausgeführt zu werden.

Ins einzelne oder gar in biologische Spezialarbeiten verliert sich MACH natürlich nicht, denn er ist kein Zoologe. Daß er aber die biologischen Grundgedanken auf die Erkenntnislehre und Methodik übertrug, daß er schlechthin alles, also die Natur wie den Menschen mit seinem Eigentum dem Entwicklungsgedanken unterstellte, bleibt für alle Zeit ein großer Schritt über DARWIN hinaus.

---

[1]) PFEFFER, Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane. Abh. d. math.-phys. Klasse d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss., 1907, Bd. 30, Nr. 3.

[2]) C. E. v. BAER, Reden und Aufsätze. 3 Bde. Petersburg 1886.

[3]) Nr. 120, S. 262.

MACHs Methodenlehre.

Aus den Anomalien der Bahnen kleiner Planeten beginnt man eben Aufschlüsse über die Integralgleichungen des Dreikörpersystems zu erwarten, deren allgemeine Integration der reine Verstand nicht zuwege brachte, obwohl die klügsten Köpfe (unter ihnen DIRICHLET und POINCARÉ) einen beträchtlichen Aufwand von Arbeit daransetzten. Der reine Verstand sitzt also wieder einmal in der Sackgasse, und die empirische Erfahrung muß ins Vordertreffen.

Der Kantianer weist dem philosophierenden Naturforscher immer wieder nach, daß seine Methodenlehre, die sich der absoluten Wahrheit begibt, gänzlich falsch sei. Und dennoch zeitigt diese „unrichtige" Methodenlehre Schlag auf Schlag neue geniale Theorien und Ergebnisse, während die Sterilität des Apriori immer offensichtlicher wird.

Solange die apriorische Methode uns noch nicht einen einzigen Satz der höheren Mathematik, noch keine einzige Verifikation schenkte, wird der philosophierende Naturforscher die verpönte „falsche" Methodik, die das ganze bestehende Wissen zeitigte, weiter pflegen, zumal es ihm mehr auf das Produktive als auf das Reproduktive ankommt. Man prüfe einmal ehrlich, was denn seither die Erkenntnistheorie den exakten Wissenschaften positiv genützt hat.

Einiges ist über die Methodenlehre MACHs schon gesagt im Abschnitt vom Kontinuum und über Erkenntnis und Irrtum, was hier nicht wiederholt sei.

1. Das Prinzip der Ökonomie.

Eigentlich ist das Prinzip der Ökonomie in der Wissenschaft selbstverständlich, schon aus der Natur des Menschen heraus, auf die das Ungeordnete, der Umweg, das unnötig Komplizierte

und Verzwickte, das Verklausulierte und Weitschweifige instinktiv als unpraktisch und unklar wirkt im Gegensatz zum Einfachen, Geordneten und Kürzesten. Auch die Psychologie lehrt, daß wir auf dem ökonomischen Wege besser fortkommen: unsere Aufmerksamkeit, ja unsere ganze geistige Energie braucht dabei den geringstmöglichen Aufwand zu leisten. Besonders lehrreich zeigt sich das in der Mathematik, wo JAKOB STEINER[1]) der Einfachheit und der mathematischen Eleganz, der Beanspruchung der geringstmöglichen Hilfsmittel der Konstruktion und der Abstraktion ein prägnantes Denkmal setzte. MACH sagt: „Die Ansicht, daß es bei der Wissenschaft hauptsächlich auf Bequemlichkeit und Ersparnis im Denken ankommt, vertrete ich seit Beginn meiner Lehrtätigkeit. Die Physik mit ihren Formeln, mit ihrer Potentialfunktion, ist besonders geeignet, diese Ansicht klarzustellen. Das Trägheitsmoment, das Zentralellipsoid usw. sind z. B. nichts wie Surrogate, durch die man mit Bequemlichkeit die Betrachtung der einzelnen Massenpunkte erspart. Besonders klar fand ich diese Ansicht auch bei meinem Freunde, dem Nationalökonomen E. HERRMANN. Von ihm habe ich den mir sehr passend scheinenden Ausdruck angenommen: „Die Wissenschaft hat eine ökonomische oder wirtschaftliche Aufgabe.“ [2])"

Man kann wohl sagen, daß das Leitmotiv der Simplizität und Schönheit bei KOPERNIKUS und GALILEI, ebenso bei NEWTONs regulae philosophandi dem ökonomischen Gesichtspunkte entsprechen. „Schön“ und „elegant“ sind gewisse mathematische Ableitungen, eben weil sie die kürzesten sind; die psychologische Ästhetik kann das nur bestätigen. Ebenso lag ADAM SMITH[3]), dem Begründer der Nationalökonomie, der Gedanke der Ökonomie recht nahe; W. K. CLIFFORD[4]) spricht sich im gleichen Sinne aus.

GUSTAV KIRCHHOFF redet von der „vollständigen einfachen

---

[1]) JAKOB STEINER, Die geometrischen Konstruktionen, ausgeführt mittels der geraden Linie und eines festen Kreises. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 82 und 83.

[2]) Nr. 173, S. 55 f.

[3]) ADAM SMITH, Posthumous essays. 1795.

[4]) W. K. CLIFFORD, Über die Ziele und Werkzeuge des wissenschaftlichen Denkens. München 1896.

Beschreibung" als Grundaufgabe der Physik, und MACHs Gesinnungsgenosse AVENARIUS[1]) baut darauf seine Philosophie auf. Das Prinzip des kleinsten Zwanges von GAUSS, das Prinzip der kleinsten Wirkung von MAUPERTUIS, der HAMILTONsche Satz, endlich der Satz von HERTZ, daß Massen sich in der geradesten Bahn bewegen, zeigen, daß die Ökonomie nicht nur eine philosophische Zutat zur Naturbetrachtung ist. Die Priorität des philosophischen Prinzips gebührt jedoch MACH allein.

Die Tatsachen, die die DARWINschen Grundgedanken illustrieren, erhellen zugleich das Ökonomieprinzip; doch darf man „ökonomisch" deshalb nicht mit „praktisch" in irgend einem materiellen Sinne auffassen: „Die Methoden, durch welche das Wissen beschafft wird, sind ökonomischer Natur. Welcher Gebrauch von dem erworbenen Wissen gemacht wird, ob dasselbe lediglich zur Beseitigung des intellektuellen Unbehagens, zur ästhetischen Befriedigung dient, ob dasselbe wissenschaftlich oder technisch weiter verwendet, ob es etwa mißbraucht wird, hat mit der Natur der wissenschaftlichen Methoden nichts zu schaffen. Ausdrücklich in bezug auf diese letzteren habe ich meine Behauptungen aufgestellt und halte sie auch aufrecht." [2])

Das ökonomische Prinzip beruht im Ersparen von Erfahrungen jeder Art, von der Bibliothek bis zum Unterricht[3]). „Die wunderbarste Ökonomie der Mitteilung liegt in der Sprache. Dem großen Letternsatz vergleichbar, welcher, die Wiederholungen der Schriftzüge ersparend, den verschiedensten Zwecken dient, den ewigen Lauten ähnlich, aus denen die verschiedensten Worte sich bilden, sind die Worte selbst. Mosaikartig setzt die Sprache und das mit ihr in Wechselbeziehung stehende begriffliche Denken, das Wichtigste fixierend, das Gleichgültige übersehend, die starren Bilder der flüssigen Welt zusammen, mit einem Opfer an Genauigkeit und Treue zwar, dafür aber mit

---

[1]) R. AVENARIUS, Philosophie als Denken der Welt gemäß dem Prinzip des kleinsten Kraftmaßes. Berlin 1903. — Der menschliche Weltbegriff. Leipzig 1905. — Kritik der reinen Erfahrung. Leipzig 1880—1890. — Zeitschrift f. positivist. Phil., Bd. 1, Heft 4, 1913.

[2]) Nr. 121, S. 391.

[3]) Nr. 220, S. 210. — Nr. 87, S. 522.

Ersparnis an Mitteln und Arbeit. Wie der Klavierspieler mit einmal vorbereiteten Tönen, erregt der Redner im Hörer einmal für viele Fälle vorbereitete Gedanken, die mit großer Geläufigkeit und geringer Mühe dem Rufe folgen."[1])

Die Lautsprache verwendet noch durchgängig nationale Symbole, während die Schriftsprache sich bereits der internationalen Universalschrift nähert; deshalb ist eine Weltsprache auch ein Lieblingsgedanke MACHs[2]).

„Auf vielen Gebieten forderte das ökonomische Prinzip bereits internationale Vereinfachungen: in der musikalischen Notenschrift, der BRÜCKEschen phonetischen Schrift, bei den chemischen Symbolen, den Zahlen wie überhaupt den algebraischen und mathematischen Zeichen[3]). Möglich sind sie ferner bei der Bezeichnung von physikalischen Farben und Farbenempfindungen, bei vielen wissenschaftlichen Terminologien und Begriffen.

Am meisten ausgebildet ist die Gedankenökonomie in der Mathematik. So sonderbar es klingen mag, die Stärke der Mathematik beruht auf der Vermeidung aller unnötigen Gedanken, auf der größten Sparsamkeit der Denkoperationen. Schon die Ordnungszeichen, welche wir Zahlen nennen, bilden ein System von wunderbarer Einfachheit und Sparsamkeit. Wenn wir beim Multiplizieren einer mehrstelligen Zahl durch Benutzung des Einmaleins die Resultate schon ausgeführter Zähloperationen verwenden, statt sie jedesmal zu wiederholen, wenn wir beim Gebrauch von Logarithmentafeln neu auszuführende Zähloperationen durch längst ausgeführte ersetzen und ersparen, wenn wir Determinanten verwenden, statt die Lösung eines Gleichungssystems immer von neuem zu beginnen, wenn wir neue Integralausdrücke in altbekannte zerlegen, so sehen wir hierin nur ein schwaches Abbild der geistigen Tätigkeit eines LAGRANGE oder CAUCHY, der mit dem Scharfblick eines Feldherrn für neu auszuführende Operationen ganze Scharen schon ausgeführter eintreten läßt. Man wird keinen Widerspruch erheben, wenn wir sagen, die elementarste wie die höchste Mathematik sei ökonomisch geordnete, für den Gebrauch bereitliegende Zähl-

[1]) Nr. 120, S. 220 f.

[2]) Nr. 87, S. 522.

[3]) Nr. 120, S. 221. — Nr. 87, S. 522.

erfahrung"[1]). Wenn BARBAGE die Rechenmaschine erfand, wenn der Schreibstift klüger erscheint als der Rechnende: es ist nur eine Konsequenz daraus.

Ebenso ist die Physik ökonomisch geordnete Erfahrung: „Die Physik teilt mit der Mathematik die zusammenfassende Beschreibung, die kurze kompendiöse, doch jede Verwechslung ausschließende Bezeichnung der Begriffe, deren mancher wieder viele andere enthält, ohne daß unser Kopf dadurch belästigt erscheint. Jeden Augenblick aber kann der reiche Inhalt hervorgeholt, und bis zu voller sinnlicher Klarheit entwickelt werden[2])." „Die verschiedenen Fälle der Lichtbrechung könnte kein Gedächtnis fassen. Merken wir uns aber die Brechungsexponenten für die vorkommenden Paare von Medien und das bekannte Sinusgesetz, so können wir jeden beliebigen Fall der Brechung ohne Schwierigkeit in Gedanken nachbilden oder ergänzen. Der Vorteil besteht in der Entlastung des Gedächtnisses, welche noch durch schriftliche Aufbewahrung der Konstanten unterstützt wird[3])." Ähnlich verhält es sich auch in anderen Fächern.

Daher kann die Wissenschaft „selbst als eine Minimumaufgabe angesehen werden, welche darin besteht, möglichst vollständig die Tatsachen mit dem geringsten Gedankenaufwand darzustellen"[4]). „Den sparsamsten, einfachsten begrifflichen Ausdruck der Tatsachen erkennt sie als ihr Ziel[5])."

Da zwischen dem tatsächlichen Geschehen und einem anderen keine Wahl ist, weist MACH auf dem physischen Gebiete den Ökonomiebegriff überall ab; er hat nur auf dem geistigen Gebiete Geltung.

Wer MACHs Ökonomieprinzip verwirft, für den hat eigentlich DARWIN nicht gelebt, zumal die Denkökonomie selbst nach vollendeter logischer Analyse ihren Wert behält[6]).

---

[1]) Nr. 120, S. 224 f.

[2]) Nr. 120, S. 226.

[3]) Nr. 120, S. 222.

[4]) Nr. 87, S. 530.

[5]) Nr. 120, S. 236.

[6]) Nr. 87, S. 538.

2. Die Anpassung.

KANTs Ausgangsgedanke ist folgender: „Bisher nahm man an, alle unsere Erkenntnis müsse sich nach den Gegenständen richten [1].“ Niemals hat er behauptet, daß das falsch sei. Auch MACH betont, unsere Erkenntnis richte sich nach den Gegenständen; deshalb streift jede kantianische Kritik an ihm vorbei. KANT selbst versucht ja nicht deshalb auf einem anderen Weg weiterzukommen, weil der genannte alte Weg falsch sei, sondern weil er da nicht zu den absoluten Wahrheiten a priori gelangt. Ob er sie anderswie erreicht, ist eine Frage für sich. Jedenfalls ist noch nie bewiesen worden, daß die Erkenntnis sich nicht nach den Gegenständen richtet, vielmehr hat die DARWINsche Gedankenwelt diese Auffassung sehr gefestigt. Mit KANTs Lehre vermag man MACH deshalb nicht totzuschlagen. Will man etwas ausrichten, so ist die unbewiesene Annahme KANTs [2] zunächst an der geläufigen alten Auffassung, die auch MACH teilt, logisch zu messen.

Das Neue, das MACH einführt, ist: die Gedanken richten sich nicht irgendwie nach den Tatsachen, vielmehr im Sinne der DARWINschen Lehre von der Anpassung. Im Kapitel „MACHs Vorläufer“ zeige ich, wie nahe besonders GOETHE an diese Fassung herankam. Außerdem ist H. GRASSMANN zu erwähnen, der folgendes schrieb: „Die oberste Teilung aller Wissenschaften ist die in reale und formale, von denen die ersteren das Sein, als das dem Denken selbständig Gegenübertretende, im Denken abbilden, und ihre Wahrheit haben in der Übereinstimmung des Denkens mit jenem Sein; die letzteren hingegen das durch das Denken selbst Gesetzte zum Gegenstand haben, und ihre Wahrheit haben in der Übereinstimmung der Denkprozesse unter sich [3].“

Die Anpassung geht nun folgendermaßen vor sich: „Wenn wir in einem bestimmten Kreise von Tatsachen uns bewegen, welche mit Gleichförmigkeit wiederkehren, so passen sich unsere Gedanken alsbald der Umgebung so an, daß sie dieselbe un-

[1] KANT, Kritik der reinen Vernunft. 2. Aufl., S. XVI.

[2] HANS HENNING, Goethe und die Fachphilosophie. Straßburg 1912. S. 32f.

[3] H. GRASSMANN, Ausdehnungslehre, 1884. S. XIX.

willkürlich abbilden. Der auf die Hand drückende Stein fällt losgelassen nicht nur wirklich, sondern auch in Gedanken zu Boden . . . Die Macht, welche zur Vervollständigung der halb beobachteten Tatsache in Gedanken treibt, ist die Assoziation. Dieselbe wird kräftig verstärkt durch die Wiederholung. Sie erscheint uns dann als eine fremde, von unserem Willen und der einzelnen Tatsache unabhängige Gewalt, welche Gedanken und Tatsachen treibt, beide in Übereinstimmung hält, als ein beide beherrschendes Gesetz[1])." Auf dieses Gesetz hin getrauen wir uns zu prophezeien, doch braucht das Vorausgesagte nicht stets einzutreffen. Je geläufiger uns ein Tatsachengebiet wird, desto stärker drängt sich der Glaube an die Kausalität auf; in neuen Gebieten jedoch fühlen wir uns von unserer Prophetengabe verlassen.

Was geht nun vor, wenn der Beobachtungskreis, dem unsere Gedanken angepaßt sind, sich erweitert? „Die neue Tatsache fordert ebenfalls ihr Recht. In diesem Widerstreit von Gedanken und Tatsachen liegt das Problem. Um das Problem zu lösen, muß die Denkgewohnheit so umgewandelt werden, daß sie den alten und den neuen Fällen angepaßt ist . . . Geschieht die Gedankenumwandlung mit Absicht und willkürlich, so nennen wir den Vorgang Forschung[2])."

„Dieser Umwandlungsprozeß besteht darin, daß einerseits bald neue übereinstimmende Merkmale anscheinend verschiedener Tatsachen gefunden werden, und daß andererseits wieder unterscheidende Merkmale bisher nicht unterschiedener Tatsachen bemerkt werden. Hierdurch wird es möglich, einerseits ein stets wachsendes Tatsachengebiet mit einer homogenen Denkgewohnheit zu umfassen, und andererseits den Unterschieden der Tatsachen des Gebietes durch Variationen der Denkgewohnheit zu entsprechen[3])." Solche Anpassungsprozesse haben weder einen nachweisbaren Anfang noch ein absehbares Ende, denn die Wissenschaft steht mitten im natürlichen Entwicklungsprozeß drin. Der genannte Umwandlungsprozeß nun ist nur ein besonderer Fall eines allgemein verbreiteten biologischen Ge-

---

[1]) Nr. 121, S. 383.
[2]) Nr. 121, S. 384.
[3]) Nr. 121, S. 386.

setzes, für das MACH zahlreiche Beispiele gibt. Die Anpassung wird zunächst so weit vollzogen, als das biologische Interesse es erfordert, wie das beim Tier und Kind offensichtlich wird. In der Forschung halten wir einerseits bestimmte Faktoren fest (Prinzip der Permanenz), andere werden so verändert, daß die Anpassungsergebnisse verschiedener Fälle zueinander stimmen (Prinzip der zureichenden Differenzierung)[1]).

Die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen nennt man Beobachtung, die Anpassung der Gedanken aneinander aber Theorie. Die Ergebnisse dieser Prozesse müssen einen sprachlichen Ausdruck in Begriffen und Urteilen finden. Sie gehen weit über die Forderung der logischen Widerspruchslosigkeit hinaus: „das Ideal der ökonomischen und organischen Zusammenpassung der einem Gebiet angehörigen verträglichen Urteile ist erreicht, wenn es gelungen ist, die geringste Zahl einfachster und unabhängiger Urteile zu finden, aus welchen sich alle übrigen als logische Folgen ergeben, das heißt ableiten lassen. Ein Beispiel eines solchen geordneten Systems von Urteilen ist die euklidische Geometrie[2]).“ Die logischen Formen selbst können bekannte Gedankengänge nachprüfen, nicht aber neue finden: „die leeren logischen Formen können die Sachkenntnis nicht ersetzen“[3]).

3. Die Methode der Variation.

Diejenigen Beobachtungen und Erfahrungen, in die der Mensch willkürlich eingreifen, die er verändern kann, sind ihm die wichtigsten, und darin liegt der Wert des Experimentes. Die Grundmethode des Experimentierens: die Methode der Variation, ist dem Menschen wie dem höheren Tiere angeboren.

Durch die Variation wollen wir die Abhängigkeit oder Unabhängigkeit der Elemente voneinander feststellen. „Indem wir eine gewisse Gruppe oder auch ein Element willkürlich variieren, ändern sich hiermit auch andere Elemente oder bleiben unter Umständen unverändert[4]).“ Leider wird es uns nicht so einfach

[1]) Nr. 133, S. 162.
[2]) Nr. 133, S. 176.
[3]) Nr. 133, S. 179.
[4]) Nr. 133, S. 199.

gemacht, daß jedes Element allein sich verändern ließe, vielmehr hängen die Elemente meist gruppenweise zusammen, so daß eine Kombination von Variationen nötig wird. Dann hat man einflußlose Elemente auszuschalten, sowie solche Elemente zu beseitigen, welche die Unabhängigkeit verdecken oder stören. Bald ist die Versuchsanordnung zu vereinfachen, bald sind die Effekte — wenn sie zu klein sind — zu verstärken.

Welche Umstände bei einem Erfolg maßgebend sind, was zusammenhängt, welche Elemente voneinander abhängig sind, stellen wir durch eine Umschau fest; in der Erinnerung werden die alten Erfahrungen festgehalten, die wissenschaftliche Phantasie kombiniert neue Umstände, kurz wir variieren die Tatsachen in Gedanken: „Umstände, die man in bezug auf einen gewissen Erfolg als einflußlos erkannt hat, kann man in Gedanken beliebig variieren, ohne diesen Erfolg zu ändern. Man gelangt aber durch geschickte Handhabung dieses Verfahrens zu Fällen, welche auf den ersten Blick von dem Ausgangsfall wesentlich verschieden scheinen, also zur Verallgemeinerung der Auffassung. Auch die für einen Erfolg maßgebenden Umstände in Gedanken zu variieren, ist nützlich, und am ergiebigsten ist die kontinuierliche Variation, welche uns eine vollständige Übersicht der möglichen Fälle verschafft [1].“ Einer oder mehrere Umstände werden in Gedanken quantitativ vermindert und endlich zum Verschwinden gebracht, so daß nur die übrigen Umstände maßgebend bleiben. Das ist die Idealisierung oder Abstraktion.

„Zur indirekten Bestimmung dient auch die Methode der Kompensation. Durch irgend einen Umstand wird ein schwer bestimmbares Element B hervorgerufen. Man fügt das bestimmbare Element — B hinzu, wodurch B wieder verschwindet, kompensiert, zugleich aber bestimmt ist [2].“ Es wird also ein bekanntes gleichwertiges Element substituiert.

„Vorgänge, welche für unsere direkte Beobachtung zu rapid sind, müssen natürlich indirekt ermittelt werden. Man benutzt hierzu die Methode der Zusammensetzung. Der unbekannte, zu untersuchende Vorgang liefert die eine Kompo-

[1] Nr. 133, S. 185f.
[2] Nr. 133, S. 207.

nente, welche mit einer anderen bekannten Komponente eine beobachtbare Resultante gibt[1]." Wo Erscheinungen in verschiedenen Graden auftreten, wird man an die Möglichkeit eines Gegensatzes zu denken haben. Ein bekanntes Ergebnis wird ferner kollektiv ausgedehnt, auf analoge Fälle übertragen: das führt dazu, eine Übersicht, ein System zu gewinnen. Vor allem interessieren endlich die extremen Werte.

Instinkt und Gewohnheit spielen dabei eine wichtige Rolle, denn auf vertrauten Gebieten experimentiert man geläufiger als auf ungewohnten.

4. Das Prinzip der Vergleichung.

Die neue Vorstellung tritt der älteren gegenüber, das führt zur Vergleichung. Diese ist „das mächtigste innere Lebenselement der Wissenschaft. Denn aller Zusammenhang, alle begriffliche Einheit kommt durch die Vergleichung in die Wissenschaft"[2]. Jede einzelne Tatsache zu beschreiben, ist recht mühsam, daher ist es eine große Erleichterung, wenn die neue Tatsache in vielen Merkmalen mit einer alten verglichen werden kann.

Dabei leiten uns die Ähnlichkeit und die Analogie. Die Analogie ist jedoch nur ein besonderer Fall der Ähnlichkeit. Im historischen Teile zeige ich, daß MAXWELL die Analogie zu einer klaren physikalischen Methode entwickelte, worauf MACH sich ausdrücklich bezieht[3].

Die Analogie definiert MACH als „eine Beziehung von Begriffssystemen, in welcher sowohl die Verschiedenheit zweier homologer Begriffe als auch die Übereinstimmung in den logischen Verhältnissen je zweier homologer Begriffspaare zum klaren Bewußtsein kommt"[4].

Hat ein Objekt M die Merkmale abcde, ein anderes Objekt N die Merkmale abc, so suchen wir hier die Merkmale de. Logisch ist das nicht berechtigt, wie ja Schlüsse nach Ähnlich-

[1]) Nr. 133, S. 208.
[2]) Nr. 121, S. 358.
[3]) Nr. 133, S. 217, 226f.
[4]) Nr. 120, S. 277; Nr. 133, S. 218.

keit und Analogie kein Gegenstand der strengen formalen Logik, sondern der Psychologie sind. „Wenn in dem obigen Falle abcde unmittelbar wahrnehmbare Merkmale sind, so sprechen wir von Ähnlichkeit; bedeuten aber abcde begriffliche Beziehungen der Objektmerkmale von M zueinander, und ebenso in bezug auf das Objekt N, so entspricht die Bezeichnung Analogie besser dem Sprachgebrauch. Ist uns das Objekt mit der Kombination seiner Merkmale abcde geläufig, so wird die Betrachtung von N neben den Merkmalen abc auch de durch Assoziation in Erinnerung gebracht, womit bei Gleichgültigkeit der Merkmale de der Prozeß abgeschlossen ist[1].“ Ob nun de als tatsächlich vorhanden oder als abwesend nachgewiesen wird, jedenfalls hat sich unsere Erkenntnis erweitert.

5. Die Hypothese.

Instinktiv und unwillkürlich spinnen unsere Gedanken die Beobachtungen aus und erweitern so die Erfahrung rascher. „Eine vorläufige versuchsweise Annahme zum Zwecke des leichteren Verständnisses von Tatsachen, welche aber dem tatsächlichen Nachweis sich noch entzieht, nennen wir eine Hypothese[2].“ Ihre wesentliche Aufgabe besteht darin, zu neuen Beobachtungen Anlaß zu geben. In der Hypothese liegen gewöhnlich Bestandteile, die zur Darstellung der Tatsachen nicht notwendig sind. Die haltbaren Elemente werden dann gestärkt, die unhaltbaren abgeändert oder verworfen, und so führt die Hypothese in ihrer selbstzerstörenden Funktion endlich zum begrifflichen Ausdruck der Tatsachen. Schädlich wird die Hypothese nur, wenn man ihr mehr traut als den Tatsachen selbst.

6. Das Problem.

Sind die psychologischen Teilanpassungen in Widerstreit geraten, so ist ein Problem entstanden. Zur Problemlösung führen drei Wege: erstens die progressive oder synthetische Methode, die von der Bedingung zu dem Bedingten, zweitens die regressive

[1] Nr. 133, S. 222f.
[2] Nr. 133, S. 232.

oder analytische Methode, die von dem Bedingten zu dem Bedingenden fortschreitet, endlich die apagogische oder indirekte Methode, die den Beweis „per absurdum“ führt. MACH zeigt an zahlreichen Beispielen, daß die größten und wichtigsten Entdeckungen auf dem Wege der Analyse gefunden wurden.

Bei der Lösung erdichten wir vorläufig anschauliche Bedingungen von bekannter Art, und diese Annahmen werden so lange modifiziert, bis der Weg genau zur Tatsache führt (oder umgekehrt von der Tatsache zu ihren Bedingungen).

„Ein naturwissenschaftlicher Satz ist wie jeder geometrische stets von der Form „wenn M ist, so ist N“, wobei sowohl M wie N ein mehr oder minder komplizierter Komplex von Erscheinungsmerkmalen sein kann, wovon also einer den anderen bestimmt. Ein solcher Satz kann sich sowohl unmittelbar durch Beobachtungen, als auch mittelbar durch Überlegung, durch Vergleichung schon bekannter Beobachtungen in Gedanken ergeben. Scheint derselbe mit anderen Beobachtungen, oder mit den sich diesen Beobachtungen anschließenden Gedanken nicht in Einklang zu stehen, so stellt er ein Problem vor. Dieses Problem kann in zweierlei Weise gelöst werden. Der Satz „wenn M ist, so ist N“ kann aus Sätzen, welche bereits bekannten Tatsachen entsprechen, durch eine Reihe von Zwischensätzen abgeleitet oder erklärt werden. In diesem Falle waren unsere den Tatsachen und einander schon weiter angepaßt, als wir es annahmen und wußten. Sie entsprachen auch dem neuen Satz, nur daß dies nicht unmittelbar ersichtlich war. Diese Problemlösung entspricht einer deduktiven synthetischen geometrischen Ableitung eines neuen Satzes aus schon bekannten Grundsätzen.“

Finden wir jedoch keine Grundsätze, mit denen die Beobachtung übereinstimmt, „dann haben wir eben durch neuerliche Gedankenanpassung neue Grundsätze zu suchen. Die neue Auffassung kann sich entweder unmittelbar auf die fragliche Tatsache beziehen, oder wir gehen analytisch vor. Wir suchen die nächste Bedingung der Tatsache, dann die Bedingung dieser Bedingung usf.“. Wir können also dabei auf fundamental neue Grundsätze stoßen. Die neue Anpassung besteht in der Beachtung vorher unbeachteter Umstände.

7. Sinn und Wert der Naturgesetze.

Naturgesetze sind nicht Regeln, nach denen sich die Naturvorgänge richten müssen wie die Bürger nach den Gesetzesparagraphen; auch nicht in dem Sinne, daß im zweiten Falle eine Übertretung des Gesetzes mißlich ist, im ersten aber nicht, denn wir tun ja nichts anderes, als daß wir die Naturgesetze mehr oder weniger richtig aus den Naturvorgängen abstrahieren und ablesen. „Ihrem Ursprunge nach sind die Naturgesetze Einschränkungen, die wir unter Leitung der Erfahrung unserer Erwartung vorschreiben[1].“ Sie entspringen dem biologischen Bedürfnis, sich in der Natur zurechtzufinden. „Die Tatsachen sind nicht genötigt, sich nach unseren Gedanken zu richten. Aber unsere Gedanken, unsere Erwartungen richten sich nach anderen Gedanken, nach den Begriffen nämlich, welche wir uns von den Tatsachen gebildet haben[2].“

„Ein naturwissenschaftlicher Satz hat immer den hypothetischen Sinn: Wenn die Tatsache A genau den Begriffen M entspricht, so entspricht die Folge B genau den Begriffen N; so genau als A den M, so genau entspricht B den N. Die absolute Exaktheit, die vollkommen genaue eindeutige Bestimmung der Folgen einer Voraussetzung besteht in der Naturwissenschaft (ebenso wie in der Geometrie) nicht in der sinnlichen Wirklichkeit, sondern nur in der Theorie. Aller Fortschritt zielt darauf ab, die Theorie mehr und mehr der Wirklichkeit anzuschmiegen[3].“ Dem Ideal der eindeutigen Bestimmung genügt nur diejenige Theorie, welche die komplizierten Tatsachen der Beobachtung einfacher und genauer darstellt, als die Beobachtung selbst sie verbürgt.

„Sind nun die Naturgesetze als bloße subjektive Vorschriften für die Erwartung des Beobachters, an welche die Wirklichkeit nicht gebunden ist, wertlos?“ Keineswegs! Denn wenn auch der Erwartung nur innerhalb gewisser Grenzen von der sinnlichen Wirklichkeit entsprochen wird, so hat sich erstere doch vielfach als richtig bewährt und bewährt sich täglich mehr. Wir haben

[1]) Nr. 133, S. 441.
[2]) Nr. 133, S. 447f.
[3]) Nr. 133, S. 448.

also mit dem Postulat der Gleichförmigkeit der Natur keinen Fehlgriff getan, wenn auch bei der Unerschöpflichkeit der Erfahrung die absolute Anwendbarkeit des Postulates nach Schärfe, zeitlicher und räumlicher Unbeschränktheit sich nie wird dartun lassen und wie jedes wissenschaftliche Hilfsmittel immer ein Ideal bleiben wird. Außerdem bezieht sich das Postulat überhaupt nur auf Gleichförmigkeiten, sagt aber über die Art derselben nichts aus. Im Falle einer Enttäuschung der Erwartung hat man also stets die Freiheit, statt der erwarteten Gleichförmigkeiten neue zu suchen[1]."

8. Wahrheit und Fruchtbarkeit.

Um festzustellen, was fruchtbar sei, muß man ein Wahrheitsurteil besitzen, welches über die Fruchtbarkeit oder Unfruchtbarkeit entscheidet, so lautet der kantianische Einwand. Läßt sich aber alles vom Schreibtisch aus bloß mit dem Kriterium der absoluten Wahrheit entscheiden? HEGEL wähnte noch, dazu imstande zu sein. Erwiderte man ihm: „Aber das stimmt ja nicht mit den Tatsachen", so antwortete er: „Um so schlimmer für die Tatsachen!" Würde sich der Hausarzt aber nach diesen Prinzipien richten, so hätte HEGEL ihn verklagt.

Es wäre sehr bequem, wenn man alles sofort entscheiden und sich dabei die Mühseligkeiten der experimentellen Untersuchungen ersparen könnte. Leider ist das nicht der Fall. Was wahr ist, ebenso was fruchtbar ist, das zeigt sich erst mit der Zeit an den Folgen und Konsequenzen.

Oft bleibt auch gar nichts anderes übrig, als vorläufig mit falschen Hypothesen zu forschen. Trotzdem man wußte, daß der Materialismus unrichtig ist, war man anfangs bei der Erforschung des Radiums auf materialistische rohe Methoden angewiesen.

Es zeigt sich also, daß man erstens mit dem Wahrheitsurteil auch nichts sofort entscheiden kann, und daß zweitens gar nicht das Wahrheitsurteil ausschlaggebend ist.

Darum will MACH den Erfolg in den nächstliegenden Problemen, kein stolzes, aber vergebliches Bemühen um die aller-

[1]) Nr. 133, S. 448.

letzten Fragen oder gar deren Hintergrund. Er wünscht tatsächliche praktische Ergebnisse, kein Wolkenkuckucksheim. Er verlangt eine Fruchtbarkeit der Wissenschaft, keine leeren Schemata und Schemen. Deshalb wird ihm die Theorie zum Werkzeug, ja zum darwinistischen Werkzeug. Darum faßt er auch die Wissenschaft, Staat, Kultur und Leben als einen Organismus auf, der den DARWINschen Bedingungen unterliegt. So ist, wie JAMES sagt[1]), „die Alternative zwischen Pragmatismus und Rationalismus in der Form, in der wir sie jetzt vor uns haben, nicht mehr eine Frage der Erkenntnistheorie, sie bezieht sich vielmehr auf die Struktur der Welt selbst".

Statt über die Ergebnisse zu streiten, hätte man sich also oft über die Individualität der Forschenden auseinandersetzen sollen, wie dies zuerst die Astronomen taten, die beim Meridianablesen den „persönlichen Fehler" berücksichtigen. Jeder Forscher sollte seinen „persönlichen Fehler" kennen. Da wir nun Fehler im weitesten Sinn nicht immer auffassen als eine intellektualistische Falschheit, so dürfen die verschiedenen Subjektivitäten unter Umständen nebeneinander bestehen, sofern sie fruchtbar sind. BOLTZMANN vertrat die Realität der Atomkügelchen, OSTWALD glaubt nur an die Energie, VAN'T HOFF hat ein Teraëderatom, WERNER energiestrahlende Kugeln, WALD leugnet die Atome, und doch haben alle der Welt nur richtige Tatsachen geschenkt.

MACH schrieb mir: „Ich halte es nicht für ein Unglück, wenn die an Tatsachen sich anknüpfenden Gedanken ungleich in verschiedenen Köpfen abspielen, im Gegenteil."

Und WINDELBAND, der Absolutesten einer, sagt[2]): „Vielleicht erklärt sich die Verschiedenheit der Standpunkte in der Erkenntnistheorie aus der wechselnden Abhängigkeit derPhilosophen von den besonderen Wissenschaften, in denen sie forschend und wissend besonders heimisch waren, und aus denen sie nicht nur die Denkgewohnheiten, sondern auch die prinzipiellen Auffassungen und Grundvorstellungen vom Wesen der Wahrheit auf die Gesamtheit menschlicher Erkenntnisse zu übertragen versuchten. Ähnlich kann man ja auch z. B. in den verschiedenen Standpunkten der

[1]) W. JAMES, Der Pragmatismus. Leipzig 1908. S. 165.

[2]) W. WINDELBAND, Der Wille zur Wahrheit. Heidelberg 1909. S. 14.

Ästhetik wiedererkennen, welcher Art der Kunst ihre Schöpfer vorwiegendes Interesse entgegenbrachten. Für den Freund der Dichtung erscheint das Wesen des Schönen anders als für den Musiker, oder den Liebhaber der Skulptur". WINDELBAND glaubt der Individualität durch Dezentralisation der wissenschaftlichen Arbeit entgehen zu können. Wie wir aber aus unserer Haut herauskriechen und uns objektiv daneben setzen können, das verrät er nicht. Die Massenpsychologie wie die Psychologie der Parlamente u. a. ermutigt auch gerade nicht dazu, einen Ausgleich auf diesem Wege zu suchen.

Die Individualität ist auch nicht, wie man nach WINDELBAND annehmen müßte, eine Größe, die man vernachlässigen darf; ja man kann sie nicht einmal immer ausschalten. Unsere Individualität ist nicht etwas, das man mit Wahlfreiheit zu ändern vermöchte, etwa so, wie man das eine Mal eine Gemäldegalerie, das andere Mal ein Konzert oder eine naturwissenschaftliche Sammlung besucht. Wir sind auch nicht imstande, uns mit absoluter Wahlfreiheit für jeden Lebensberuf zu entscheiden: der Unreligiöse nicht für Theologie, der Unmusikalische nicht für Musik, der Mathematiker nicht für Chirurgie usf. Die Veranlagung ist vielmehr ein festes Gegebenes, ein psychologisches Apriori.

Dem gab auch die Psychologie einen gesetzmäßigen Ausdruck, indem sie feste Typen unter den Menschen nachwies. Das betrifft zunächst das Gedächtnis, die äußeren Vorstellungen, den Gedankenverlauf, die malerische Phantasie, das Musikhören[1]), es erstreckt sich auch auf die Geographie und auf das Denken. Dazu treten dann die Unterschiede der Völker, wie denn die Naturvölker uns in vielem gewaltig überlegen sind.

Der forschende Intellekt ist noch nicht in feste Typen gepreßt worden. Immerhin wurden Denkergruppen seit jeher beachtet und hier nationale Unterschiede bis in die anscheinend so unpersönliche Mathematik hinein festgestellt. Schon LICHTENBERG redet von Unterschieden zwischen deutschen und englischen Denkern, die er von der Erziehung ableitete[2]).

[1]) HANS HENNNIG, Straßburger Post, Nr. 493, vom 2. Mai 1911. — Koblenzer Zeitung, Nr. 33, vom 20. August 1911.

[2]) LICHTENBERG, Vermischte Schriften, Reclam, S. 123f.

Ausführliche Bestimmungen finden wir vor ihm bei BLAISE PASCAL[1]).

Er scheidet zwei Klassen: „Les uns tirent bien les conséquences de peu de principes . . . et ceux-là ne seraient peutêtre pas grands géomètres, parce que la Géométrie comprend un grand nombre de principes . . ."

„. . les autres tirent bien les conséquences des choses où il y a beaucoup de principes."

Die erste Art ist charakterisiert als „esprit de finesse ou de justesse", die zweite als „esprit de Géométrie".

Für den „esprit de Géométrie" gilt: „. . les principes sont palpables, mais éloignés de l'usage commun, de sorte qu'on a peine, à tourner la tête de ce coté-là, manque d'habitude, mais pour peu qu'on s'y tourne, on voit les principes à plein; et il faudrait avoir tout à fait l'esprit faux pour mal raisonner sur des principes si gros, qu'il est presque impossible qu'ils échappent".

Anders verhält es sich mit dem „esprit de finesse": „. . les principes sont dans l'usage commun et devant les yeux de tout le monde. On a que faire de tourner la tête ni de se faire violence. Il n'est question que d'avoir bonne vue; mais il faut l'avoir bonne, car les principes en sont si deliés et en si grand nombre, qu'il est presque impossible qu'il n'en échappe."

Diese Scheidung greift DUHEM[2]) auf, wobei er ausdrücklich auf PASCAL Bezug nimmt. Er trennt die umfassenden, aber flachen Denker — das sind die Engländer, die in der theoretischen Physik Modelle und Bilder verwenden — von den engen aber tiefen Denkern, die logisch vorgehen — das sind die Franzosen und Deutschen.

In feinsinniger Weise spricht sich BOLTZMANN über diese Frage aus: „Wie der Musiker bei den ersten Takten MOZART, BEETHOVEN, SCHUBERT erkennt, so würde der Mathematiker nach wenigen Seiten seinen CAUCHY, GAUSS, JAKOBI, HELMHOLTZ unterscheiden. Höchste äußere Eleganz, mitunter etwas

[1]) BLAISE PASCAL, Pensées. Abschnitt Pensées diverses. Vgl. auch: De l'esprit géométrique.

[2]) P. DUHEM, La théorie physique. Son objet et sa structure. Paris, Bibl. de Philos. expér., II. Deutsch, Leipzig 1908.

schwache Knochengerüste charakterisiert den Franzosen, die größte dramatische Wucht die Engländer, vor allem MAXWELL[1]).“

Gegen DUHEM stellte VOLKMANN eine andere Scheidung auf[2]). Er teilt einfach nach Nationen, wobei natürlich die Unterschiede der Landsleute einfach unter den Tisch fallen und die geistige Strukturverwandtschaft mit Ausländern unbeachtet bleibt.

Ferner fällt hier jedem ein, daß ja JAMES den Pragmatismus aufbaut auf der Unterscheidung der beiden Typen „tender-minded“ und „though-minded“.

Sehr schön sagt er da: „Was für ein Temperament immer ein Philosoph von Fach besitzt, immer versucht er, wenn er philosophiert, sein Temperament zu unterdrücken. Temperament ist keine konventionell anerkannte Begründung, und deshalb will er für seine Schlüsse nur unpersönliche Begründungen ins Treffen führen. Tatsächlich aber wird seine Geistesrichtung durch sein Temperament weit stärker beeinflußt als durch seine streng objektiven Prämissen. Sein Temperament gibt den Argumenten ein verschiedenes Gewicht nach der einen oder anderen Richtung, indem es entweder für eine mehr sentimentale oder mehr für eine hartherzige Weltanschauung Partei ergreift. Er vertraut seinem Temperament. Er wünscht eine Welt, die dazu paßt, und glaubt deshalb an jedes Weltbild, das dazu paßt. Er fühlt, daß Männer von entgegengesetztem Temperament mit dem wahren Charakter der Welt nicht im Einklang sind, und betrachtet diese Männer in seinem Herzen als nicht maßgebend; er meint, sie dringen in philosophische Sachen nicht tief genug, obwohl sie ihn an dialektischer Geschicklichkeit weit übertreffen mögen.

„Aber in der Öffentlichkeit kann er durch bloße Berufung auf sein Temperament keinen Anspruch auf höhere Einsicht oder größere Autorität erheben. So kommt in unsere philosophischen Diskussionen eine „gewisse Unaufrichtigkeit“ hinein[3]).“

JAMES scheidet die Temperamente der Philosophen in Rationalisten und Empiristen. „Dabei bedeutet ‚Empirist‘ den Freund der Tatsachen in ihrer lebendigen Mannigfaltigkeit

---

[1]) L. BOLTZMANN, Populäre Schriften. Leipzig 1905. S. 73.

[2]) P. VOLKMANN, Ostwalds Annalen, VII.

[3]) W. JAMES, Der Pragmatismus. Leipzig 1908. S. 3ff.

und ‚Rationalist' den Anhänger abstrakter und ewiger Prinzipien." Diese Temperamente charakterisiert er näher:

Zartfühlend (tender-minded),	Grobkörnig (though-minded),
Rationalist (Prinzipienmensch),	Empirist (Tatsachenmensch),
Intellektualist,	Sensualist,
Idealist,	Materialist,
Optimist,	Pessimist,
Religiös,	Irreligiös,
Anhänger der Willensfreiheit,	Fatalist,
Monist,	Pluralist,
Dogmatiker,	Skeptiker.

OSTWALD[1]) hält den Gegensatz von klassisch und romantisch für die Temperamente der Naturforscher für das Richtige.

Auch MACH hat sich zu dieser Frage geäußert und zwar im Vorworte des DUHEMschen Werkes. Er betont den großen Einfluß der Individualität des Forschers, möchte sie aber doch nicht in nationale Klassen zusammengefaßt wissen. In der Tat ist ja auch gerade das am schwierigsten, wie man MACH selber einordnen soll.

Daß diese Momente ausschlaggebend wirken, ist offensichtlich. Daß wir diese Faktoren aber heute noch nicht mit klaren Worten benennen können, das ist ebenso gewiß. Jedenfalls weist auch dieser Umstand darauf, daß es eine absolute Wahrheit an sich nicht gibt, sondern daß an dem Bilde zu Sais täglich gemeißelt wird.

Andererseits möchten wir aber einmal hören, wie die Berechtigung begründet wird, einen philosophischen Denker mit seiner Variation und Vererbung, mit seiner Anpassung und Individualität einfach außerhalb der DARWINschen Bedingungen zu stellen. Alle lebende Natur ist den von DARWIN aufgezeigten Faktoren unterworfen, wie bringt es der Erkenntnistheoretiker fertig, der doch auch ein gewordenes Naturprodukt ist, sich davon zu emanzipieren und sich zu isolieren?

9. Schluß.

Alle seine Kapitel füllt MACH mit scharf herausziselierten Beispielen, mit reichen Schilderungen über das Wesen und Werden der Naturwissenschaft, so daß der trockene Stoff

[1]) W. OSTWALD, Große Männer. Leipzig 1909. S. 371 ff.

lebendig wird und die weitreichendsten Anregungen ausströmt. Die pastose Linienführung der individuellen Wege, die die Klassiker der Naturwissenschaft einschlugen, überwuchert sogar oft den eigenen Faden.

Dem erkenntnistheoretischen Gegner sind die historischen Beispiele ein überflüssiges Rankwerk, für MACH sind sie die Hauptsache.

Mit leeren logischen und erkenntnistheoretischen Formen wird nichts Neues entdeckt; die Psychologie des Forschers zeigt vielmehr, daß dabei die wissenschaftliche Phantasie, die Intuition und die Idealisierung das wichtigste Moment sind. MACHs ganze Philosophie, auch seine Methodenlehre, sind hauptsächlich daran orientiert: wie findet man Neues? Die Erkenntnistheorie hingegen zeigt sich an neuen Entdeckungen wenig interessiert, und sie hat in den hundert Jahren der Naturwissenschaft keine nennenswerten Dienste geleistet. Es wird sich auch schwerlich jemand finden, der den Satz 2mal 2 ist 4 nun besser glaubt, weil ihn die Erkenntnistheorie post festum überflüssigerweise ihrerseits bestätigt.

Die Kontroverse der Erkenntnistheorie gegen MACH ist andererseits ein ungleiches Spiel: MACH wird mit der Zukunftsmusik, mit dem Ideale einer Erkenntnistheorie widerlegt, das in seinen logischen Einzelheiten noch gar nicht existiert. Denn tatsächlich hat die Erkenntnistheorie die einfachsten Probleme noch nicht gelöst: die Realität ist ihr zum mindesten hypothetisch. Wenn MACH gegen seine Kritiker den Spieß umdreht und fragt: was kannst du denn über die Welt und die Realität aussagen, so müssen sie verstummen. Ja, ob die Erkenntnistheorie je zur Realität gelangt, das ist zweifelhaft, und ob eine Erkenntnistheorie überhaupt möglich ist, das wurde noch nie bewiesen [1]).

Das letzte erkenntnistheoretische Argument bleibt immer: wie etwas genetisch, darwinistisch oder psychologisch entsteht, beweist nichts über die logische Gültigkeit dieses Entstandenen. Zunächst ist die Psychologie noch nicht so weit, daß sie weiß, worin die logische Gültigkeit besteht und was ein Urteil psycho-

[1]) HANS HENNING, Irrgarten der Erkenntnistheorie. Straßburg 1912. S. 110ff.

logisch ist. Jedenfalls gibt es überhaupt kein Urteil im psychologischen Sinn, sondern nur anschauliche Begriffe. Ist das erst festgestellt, dann wird sich der Sachverhalt schon klären.

Zweitens bleibt es der Erkenntnistheorie ja unbenommen, diese logische Prüfung vorzunehmen; bisher hielt sie sich meist nur an triviale Sätze, die jeder kennt. Hat sie aber ihr Programm erst erfüllt, dann ist es eine zweite Frage, ob diese Ergebnisse für die Naturwissenschaft auch brauchbar und ob sie fruchtbar sind oder nicht. Das wird sich dann ja herausstellen.

MACHs Vorläufer.

Die Geschichte der Philosophie hat ein Interesse daran, Extreme festzunageln. Gegensätze verdeutlichen eben, sie berühren sich auch wohl, und ohne das ließe sich ein Rubrizieren schwerlich durchführen.

Natürlich auf Kosten der Autoren. Erinnern wir uns etwa, daß MOLESCHOTT sagte: „Ohne ein Verhältnis zum Auge, in das er seine Strahlen sendet, ist der Baum nicht da." Und an BÜCHNERs Worte: daß „alle Dinge nur füreinander da sind und ohne gegenseitige Beziehung nichts bedeuten"[1]). Diese Sätze könnten auch einem Buche von MACH entnommen sein. Aber das hilft den beiden Autoren nichts, sie sind nun mal beim Materialismus einregistriert.

Die hervorragende Berücksichtigung der Extreme durch die Geschichte der Philosophie zeitigt einen weiteren Nachteil: die Stillen im Lande, die auf vernünftiger Mittellinie wandeln, bleiben ungenannt. So erwähnt die Geschichte der Philosophie keinen der Vorläufer MACHs, wenn überhaupt anders als kursorisch. Um so eher haben wir Anlaß, sie Revue passieren zu lassen.

1. BLAISE PASCAL.

Dieser bedeutende Physiker und Mathematiker (1623—1662) hinterließ auch eine Menge von philosophischen Aufzeichnungen auf Zetteln, die sein Freundeskreis unter dem Titel „Pensées" herausgab. Mit der Zeit entstand eine beispiellose Zahl von Lesarten, nach dem Original richtet sich erst wieder die Ausgabe von FAUGÈRE 1844. Alle deutschen Übersetzungen wirken etwas dunkel wegen des ängstlichen Klebens am französischen Text[2]).

[1]) BÜCHNER, Die Stellung des Menschen in der Natur. Leipzig 1870. S. 117.

[2]) Bei der Kernfrage PASCALs, der Betonung der Subjektivität des Denkens, teilen z. B. die deutschen Übersetzungen die „Arten des geraden Sinnes" ein in „Geradheit des Sinnes" und „geometrischen Geist". Dadurch erhält gewiß niemand Klarheit.

Wie bei Lichtenberg, so findet man auch bei Pascal wichtige Bestimmungen, die zwar noch nicht in alle Konsequenzen verfolgt, aber doch immerhin betont werden. Da wäre denn zu nennen die Relativität [1]), das Werden [2]), die Notwendigkeit des natürlichen Weltbildes [3]), die Unhaltbarkeit von Solipsismus und Dogmatismus [4]).

Pascal steht am Beginne der Zeit, welche die Bilder und Gleichnisse abschaffte und im schlichtesten Ausdruck den besten sah [5]). Früher, so erwähnte man, habe sich die Subjektivität des Denkers in die Beispiele entladen. Hört nun die Subjektivität durch das Ausmerzen allen Illustrierens auf? Pascal ist nicht dieser Meinung: „Il arrive souvent qu'on prend pour prouver certaines choses des exemples qui sont tels, qu'on pourrait prendre ces choses pour prouver ces exemples; ce qui ne laisse pas de faire son effet; car, comme on croit toujours que la difficulté est à ce qu'on veut prouver, on trouve les exemples plus clairs [6]).“

Heinrich Hertz spricht in seiner Mechanik von Symbolen „solcher Art, daß die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände“. W. Thomson hat das Modell wie zahlreiche Anhänger Machs. Hier wie dort wird das Kriterium der absoluten Wahrheit ausgeschaltet und statt dessen das Beispiel, das Modell als das Entscheidende gewählt.

2. Georg Christoph Lichtenberg.

Mit Recht sagt Liebmann einmal, die Essayisten könnten auch allmählich zu einer geschlossenen Philosophie führen. Montaigne, Montesquieu, Pascal, La Rochefoucauld,

---

[1]) Pensées ed. Flammarion Paris (mit Lesarten), S. 273, 276, 302.

[2]) l. c., S. 275.

[3]) l. c., S. 265.

[4]) l. c., S. 177ff.

[5]) R. Eucken, Über Bilder und Gleichnisse in der Philosophie. Leipzig 1880. S. 8.

[6]) Faugère schreibt: „Les exemples qu'on prend pour prouver d'autres choses, si on voulait prouver les exemples, on prendrait les autres choses pour en être les exemples“ und fügt hinzu: „et aidant à les montrer.“

LICHTENBERG, GOETHE, EMERSON, HEBBEL und andere sind der Born, aus dem mancher systematische Philosoph schöpfte.

LICHTENBERG, der Physiker, Literat und Philosoph (1742 bis 1799) rangiert in der Nähe HUMEs, der seinerseits in der prinzipiellen Auffassung nicht unschwer mit MACH zu verbinden wäre. „Wenn man über Idealismus", so sagt LICHTENBERG, „in verschiedenen Stadiis des Lebens nachdenkt, so geht es gemeiniglich so: zuerst als Knabe lächelt man über die Albernheit desselben; etwas weiter findet man die Vorstellung artig, witzig und verzeihlich, diskutiert gern darüber mit Leuten, die sich ihrem Stand oder Alter nach noch im ersten Stadio befinden. Bei reifen Jahren findet man ihn zwar ganz sinnreich, sich und andere damit zu necken, aber im ganzen kaum einer Widerlegung wert und der Natur widersprechend. Man hält es nicht der Mühe wert weiter daran zu denken, weil man glaubt, oft genug daran gedacht zu haben. Aber weiterhin bekommt er, bei ernstlichem Nachdenken und nicht ganz geringer Bekanntschaft mit menschlichen Dingen, eine ganz unüberwindliche Stärke. Denn man darf nur bedenken, wenn es auch Gegenstände außer uns gibt, so können wir ja von ihrer objektiven Realität schlechterdings nichts wissen. Es verhalte sich alles wie es wolle, so sind und bleiben wir ja doch nur Idealisten, ja, wir können schlechterdings nichts anderes sein. Denn alles kann uns ja nur durch unsere Vorstellung gegeben werden[1])."

Diese Worte zeigen uns, wie man in den verschiedenen Entwicklungsstadien den idealistischen Überzeugungen stets eine Folie entgegenhält; relativ zu ihr hat man immer recht, und es ist auch eine positive Arbeit getan, wenn man manches, was der Naive als real anspricht, ins Subjekt verlegt. Man gelangt also, ohne sich irgendwie auf Absurditäten zu ertappen, ganz naturgemäß in den erkenntnistheoretischen Kreis, daß alles Existierende Vorstellung sei. Damit läßt man jede Folie fallen; ohne Kontrast stellt sich unsere Überzeugung nun als absurd dar, aber wir kommen logisch aus dem Zirkel nicht mehr heraus. Die Konsequenz treibt uns dazu zu sagen, daß wir von den fremden Ich auch nichts wüßten außer unseren Vorstellungen

---

[1]) G. CHR. LICHTENBERG, Vermischte Schriften. Reclam. S. 63.

von ihnen: wir landen beim Solipsismus. Mit erkenntnistheoretischen Waffen ist da nichts auszurichten[1]).

Den allerletzten Schritt zum Solipsismus ist Lichtenberg nie gegangen, jedoch hat er sich im idealistischen Zirkel sehr abgeplagt: „Äußere Gegenstände zu erkennen ist ein Widerspruch; es ist dem Menschen unmöglich, aus sich herauszugehen[2]).“ Zufrieden ist er aber damit nicht: „Nichts schmerzt mich mehr bei allem meinem Tun und Lassen, als daß ich die Welt so ansehen muß, wie der gemeine Mann, da ich doch szientifisch weiß, daß er sie falsch ansieht[3]).“

Doch unternahm er zahlreiche Versuche, dem verhaßten Ringe zu entfliehen. Sie sind es, die ihn zum Vorläufer moderner Ideen machen.

Der erste Weg ist skeptisch: „Ich glaube doch nun wirklich, daß die Frage, ob die Gegenstände außer uns objektive Realität haben, keinen vernünftigen Sinn hat ... Die Frage ist fast so töricht als die: ob die blaue Farbe wirklich blau sei[4]).“ Er will also das Problem als ein Scheinproblem hinstellen: „Mir kommt es immer so vor, als wenn der Begriff Sein etwas von unserem Denken Erborgtes wäre[5]).“ Doch er kommt noch näher an die Erkenntniskritik (Empiriokritizismus) heran: „Ist es nicht sonderbar, daß der Mensch etwas zweimal haben will, wo er an einem genug hätte und notwendig genug haben muß, weil es von unseren Vorstellungen zu den Ursachen keine Brücke gibt[6]).“ Diese Verdoppelung des Seins kennen Mach und Avenarius ebenfalls und suchen sie zu beseitigen. Will man die Dinge noch mal haben — als Ding an sich, das mit den Eigenschaften nicht erschöpft ist — so ist das eine unberechtigte Extrajektion[7]). Avenarius hingegen wählt den umgekehrten Weg und verdammt die Introjektion[8]).

Wie bei Pascal, so finden wir auch bei ihm einen Ansatz

---

[1]) Henning, Irrgarten der Erkenntnistheorie. S. 97ff.

[2]) Lichtenberg, l. c., S. 64.

[3]) l. c., S. 30.

[4]) l. c., S. 74.

[5]) l. c., S. 29.

[6]) l. c., S. 75.

[7]) Mach, Nr. 91, S. 46.

[8]) R. Avenarius, Der menschliche Weltbegriff. Leipzig 1905. S. 25ff.

zur Abbildtheorie: „Die Vorstellung, die wir uns von einer Seele machen, hat viel Ähnliches mit der von einem Magneten in der Erde. Es ist bloß Bild. Es ist ein dem Menschen angeborenes Erfindungsmittel, sich alles unter dieser Form zu denken [1]."

Weiterhin versucht er Definitionen zugrunde zu legen und mit Annäherungen sein Auskommen zu finden: „Sätze, worüber alle Menschen übereinkommen, sind wahr, sind sie nicht wahr, so haben wir gar keine Wahrheit [2]." Hier käme er also an TETENS heran, den KANT bei der Arbeit an der Kritik stets aufgeschlagen liegen hatte, der aber in vielem weiter reicht als KANT. Außerdem vertritt LICHTENBERG damit schon die Grundlinien der modernen Annäherungstheoretiker, die ich andernorts behandelte [3].

Die Scheidung in „praeter nos" und „extra nos" führt auf VOLKELTs Theorie vom transzendenten Minimum.

Die Berührung mit MACH und AVENARIUS ist aber noch weiter ausgebaut: „Wenn ich etwas als Körper und dann als Geist betrachte, das gibt eine entsetzliche Parallaxe. Man könnte jenes den somatozentrischen und dieses den psychozentrischen Ort eines Dinges nennen [4]." Gemeinsam mit ihnen hat LICHTENBERG ferner die Wahl des natürlichen Weltbildes als Ausgangspunkt, sowie zahlreiche genetische Erörterungen. „Man bedenkt nicht, daß Sprechen, ohne Rücksicht von was, eine Philosophie ist. Jeder, der Deutsch spricht, ist ein Volksphilosoph, und unsere Universitätsphilosophie besteht in Einschränkungen von jener. Unsere ganze Philosophie ist Berichtigung des Sprachgebrauches, also die Berichtigung einer Philosophie und zwar der allgemeinsten [5]."

Wie MACH nimmt auch LICHTENBERG eine Auflösung des Ich in Elemente vor: „Wir werden uns gewisser Vorstellungen bewußt, die nicht von uns abhängen; andere, glauben wir

---

[1]) l. c., S. 55.

[2]) l. c., S. 45.

[3]) HANS HENNING, Goethe und die Fachphilosophie. Straßburg, Bongard 1912.

[4]) l. c., S. 47.

[5]) l. c., S. 61.

wenigstens, hingen von uns ab; wo ist die Grenze? Wir kennen nur allein die Existenz unserer Empfindungen, Vorstellungen und Gedanken. Es denkt, sollte man sagen, wie man sagt: es blitzt. Zu sagen cogito, ist schon zu viel, sobald man es durch Ich denke übersetzt. Das Ich anzunehmen, zu postulieren, ist praktisches Bedürfnis [1].“ MACH selbst erzählt uns [2]), einen wie tiefen und entscheidenden Einfluß diese Worte auf ihn ausübten.

Unser Zitat wurde dadurch besonders in den Vordergrund geschoben, daß die Kantianer mit seiner Hilfe versuchten MACH zum Metaphysiker zu stempeln. Da möchte ich nicht unterlassen darauf hinzuweisen — was schon FR. A. LANGE tat [3]) —, daß KANT sogar selbst auf dieser Behauptung fußt [4]).

Und so landet LICHTENBERG bei der anthropomorphen Position, über die auch MACH nicht hinaus ins Reich des Transzendenten hinüberschielen will: alles was wir als Menschen für reell erkennen müssen, ist es auch wirklich für Menschen [5]). „Mit eben dem Grade von Gewißheit, mit dem wir überzeugt sind, daß etwas ins uns vorgeht, sind wir auch überzeugt, daß etwas außer uns vorgeht. Wir verstehen die Worte innerhalb und außerhalb sehr wohl. Es wird wohl niemand in der Welt sein, auch wohl schwerlich geboren werden, der nicht diesen Unterschied empfände; und das ist für die Philosophie hinreichend; hierüber sollte sie nicht hinausgehen; es ist doch alles unnütze Mühe und verlorene Zeit [6]).“

3. MICHAEL FARADAY.

Mit FARADAY (1791—1867) beginnt in der Physik eine Betrachtungsweise, die nur aus seiner Persönlichkeit und Genialität entsprang. Er besaß eine ungewöhnliche induktive Kraft, sah außerordentlich viel mehr als andere und konnte das dann auch mit schlagenden Worten bezeichnen.

---

[1]) l. c., S. 74f.

[2]) Nr. 91, S. 23.

[3]) F. A. LANGE, Geschichte des Materialismus. Leipzig, 1902, Bd. 1, S. 279.

[4]) KANT, Kritik der reinen Vernunft. 2. Aufl., S. 404.

[5]) LICHTENBERG, l. c., S. 70.

[6]) l. c., S. 75.

Der elektrische Strom ist für ihn eine „Achse von Kraft". FARADAYS Begriffe sind nicht logische Worte oder mathematische Symbole, sondern räumliche Anschauungen. Mit seinen Kraftlinien wird eine neue Art von Begriffsbildung, ein räumliches Schema, in die Naturwissenschaft eingeführt. Die Kraftlinien sind Kurven, die die Richtung der im Raume wirkenden Kräfte abbilden, sie stehen senkrecht auf den Niveauflächen. Alle Punkte mit gleichem elektrischen Potential werden dargestellt als eine den Körper umschließende Fläche, die Niveaufläche. Potentialdifferenz besteht zwischen Punkten verschiedener Niveauflächen.

Eine Folge hiervon war, daß die NEWTONschen Fernkräfte, die längst als Stein des Anstoßes empfunden wurden, ersetzt werden durch Zustandsänderungen, die sich durch alle Volumelemente (mit Lichtgeschwindigkeit) fortpflanzen. Damit war die elektrische Fluiditätstheorie gestürzt[1]). Jedoch schlossen FARADAY und MAXWELL diese Auffassungen noch nicht ab, das blieb HEINRICH HERTZ vorbehalten. Die Mechanik, die bis dahin die Grundlage aller naturwissenschaftlicher Untersuchungen war, wurde dadurch entthront[2]), an ihre Stelle trat die Elektrodynamik, aus der nun die einfachsten Gesetze der Mechanik abgeleitet werden sollen. FARADAY hat heftigen Widerspruch erfahren müssen, weil seine Auffassung nicht mit der klassischen Theorie von COULOMB stimmte; heute hat er längst gesiegt. Gerade die Technik verwendet die FARADAYschen Kraftlinien, die auch das einzige Mittel sind, Effekte vorherzubestimmen.

Besonders interessant ist FARADAYS Philosophie der Materie. Vor ihm war das Kraftzentrum das Reale, die Kräfte hingegen ein mathematischer Ausdruck. Für FARADAY hingegen ist das Potential, das Wirken der Kräfte zwischen den Zentren von Punkt

[1]) Sätze, die die moderne Auffassung charakterisieren, wie der nachfolgende von DUHEM, wären früher unmöglich gewesen: „Man muß am galvanischen Leiter eine neue primäre Qualität erkennen, deren Existenz Ausdruck gegeben wird, indem man sagt, der Draht ist von einem Strom durchflossen."

[2]) Die klassische Mechanik ist abgeschlossen, insofern man nicht an der 1. NEWTONschen Lex rüttelt, was allerdings bei dem Relativitätsprinzip erforderlich ist. Die zweite Mechanik ist diejenige von HERTZ. Eine dritte ist noch möglich: eine rein energetische; sie ist begründet von HELM (Zeitschrift f. Math. u. Phys., 35).

zu Punkt eine Realität, die er durch Anschauung erfaßt und die ihm als Ursache der Kraftwirkung erscheint. Seine Kraftlinien lassen sich überall anwenden und zeigen die größte Fruchtbarkeit.

Zunächst geht er auch vom Zentrum, vom Atom aus, allein dieses wird entmaterialisiert, wie das vor ihm schon BOSCOWICH[1]) getan hatte. FARADAY sagt: „Das Wort Atom, welches niemals gebraucht werden kann, ohne daß es vieles einbegreift, was rein hypothetisch ist, wird oft in der Absicht gebraucht, um eine Tatsache auszudrücken, aber so lobenswert diese Absicht auch sein mag, ich habe noch niemals einen Menschen gefunden, dessen Verstand sich daran gewöhnt hätte, jenes Wort von den es begleitenden verführerischen Vorstellungen frei zu halten[2])."

„Der Unterschied zwischen einem als hart vorausgesetzten kleinen Partikelchen und den dasselbe umgebenden Kräften vermag ich mir nicht vorzustellen. Für meinen Verstand verschwindet daher der Kern a und die Substanz besteht aus den Kräften m ... Denn in allen Erscheinungen der Schöpfung kennen und erkennen wir nur die Kräfte — abstrakte Materie nicht in einem einzigen Falle, warum sollen wir also die Existenz von demjenigen annehmen, was wir nicht kennen, was wir nicht begreifen und für dessen Annahme keine Nötigung des Denkens vorhanden ist?[3])"

Dem Äther geht es nicht besser: „Man nimmt an, daß der Äther alle Körper ebensogut wie den Raum durchdringe; nach der gegenwärtig von mir ausgesprochenen Ansicht sind es die Kräfte der Atomzentra, die alle Körper durchdringen (und bilden) und ebenso den Raum[4])."

Gewiß haben ARISTOTELES[5]), LOCKE[6]), auch G. TH. FECHNER u. a. sich philosophisch ähnlich ausgesprochen; allein zwischen ihnen und FARADAY besteht doch ein wesentlicher Unterschied: wohl ist ihnen das Objekt mit den Eigenschaften erschöpft, aber

[1]) BOSCOWICH, Werke. 5 Bde., Bassano, 1785.

[2]) FARADAY, A speculation touching Electric-Conduction and the Nature of Matter. Phil. Mag., 24, S. 136, 1844, Ser. 3.

[3]) l. c., S. 141.

[4]) FARADAY, Phil. Mag., 28, 1846, S. 349.

[5]) ARISTOTELES, De Gen. et Corrupt., 2; 1, 3, 4, 6. — Metaph., 3, 5; 4, 2; 6, 1.

[6]) LOCKE, Versuch über den menschlichen Verstand. 2. Bd., Kap. 23 u. 24.

die Existenz der Kraftlinie ist logisch der Realität von Eigenschaften nicht äquivalent.

Die Philosophie der Materie bei MACH und FARADAY ist wie die ganze naturphilosophische Grundauffassung so übereinstimmend, daß ich nicht besonders darauf hinweisen brauche. Zunächst sei geschildert, wie die FARADAYschen Ergebnisse von MAXWELL weitergeführt wurden.

4. JAMES CLERK MAXWELL.

MAXWELL (1831—1879) war der erste, der FARADAYS Experimental Researches richtig zu lesen verstand; ihm kongenial übersetzte er sie in die Sprache der Mathematik. HERTZ charakterisiert ihn sehr schön: „Auf die Frage, was ist die MAXWELLsche Theorie? wüßte ich also keine kürzere und bestimmtere Antwort als diese: die MAXWELLsche Theorie ist das System der MAXWELLschen Gleichungen[1]“ und treffend illustriert BOLTZMANN die dynamische Gastheorie MAXWELLS: „Zuerst entwickeln sich majestätisch die Variationen der Geschwindigkeiten, dann setzen von der einen Seite die Zustandsgleichungen, von der anderen die Gleichungen der Zentralbewegung ein, immer höher wogt das Chaos der Formeln; plötzlich ertönen die vier Worte: „Put n = 5“. Der böse Dämon V verschwindet, wie in der Musik eine wilde, bisher alles unterwühlende Figur der Bässe plötzlich verstummt; wie mit einem Zauberschlage ordnet sich, was früher unbezwingbar schien. Da ist keine Zeit, zu sagen, warum diese oder jene Substitution gemacht wird; wer das nicht fühlt, lege das Buch weg; MAXWELL ist kein Programmusiker, der über die Noten deren Erklärung setzen muß. Gefügig speien nun die Formeln Resultat auf Resultat aus, bis überraschend als Schlußeffekt noch das Wärmegleichgewicht eines schweren Gases gewonnen wird, und der Vorhang sinkt[2].“

HÖFFDING[3]) behandelte MAXWELLS Philosophie in einem kürzeren Abschnitte und kommt zu dem Ergebnis, MAXWELL

---

[1]) HEINRICH HERTZ, Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. Leipzig 1892. S. 23.

[2]) LUDWIG BOLTZMANN, Gustav Robert Kirchhoff. Festrede in Graz. 15. Nov. 1887.

[3]) HARALD HÖFFDING, Moderne Philosophen. Leipzig 1905. S. 99—104.

sei inkonsequent und widerspreche sich. Theologische Vorstellungen lägen auf der Lauer, die ihn zu dogmatischen Äußerungen über die materiellen Atome und das Verhältnis von Leib und Seele führten. Nun, so gar theologisch ist das gerade nicht; auch stehen diese Fragen gewiß nicht im Mittelpunkte des Maxwellschen Denkens. Dann aber hat Höffding übersehen — was längst erwiesen ist, auch Boltzmann betont das —, weil seine Anschauungen wenig Verständnis und viel Mißverständnis fanden, und weil er für junge Studierende schreiben wollte, „glaubte Maxwell später die alten Vorstellungen mit den seinigen mischen zu sollen, wodurch aber Leser, die mit dem Treatise beginnen, gerade irregeführt werden". Und dem ist Höffding zum Opfer gefallen.

Maxwell baute die mechanische Wärmethorie aus und ist der Begründer der elektromagnetischen Lichttheorie. Nach dieser sind die Lichtschwingungen nur elektrische und magnetische Schwingungen; mit diesen ahmte Hertz später das Licht nach. Maxwell benutzt in seiner Elektrizitätstheorie Wirbelbewegungen des Äthers, die denen in Flüssigkeiten analog sind. Das Trägheitsgesetz kann kein Fundamentalgesetz sein, da aus den Maxwellschen Gleichungen für den Elektromagnetismus folgt, daß ein bewegtes elektrisches Teilchen ohne Masse und Trägheit durch die Wirkung des umgebenden Äthers sich bewegt, als ob es träge Masse besäße[1]. Daraus ergibt sich die Hypothese: Körper besitzen keine träge Masse, sondern sie bestehen aus Elektronen; ihre Bewegung ist also scheinbar und durch die Wirkung des Äthers bei ihrer Bewegung hervorgerufen. Stefan und Helmholtz bildeten die Maxwellsche Theorie weiter, und sie erreichten den Anschluß an die alten Formeln, so daß die neue Theorie verständlicher wurde.

Philosophisch wichtig ist bei allem, daß nun nicht mehr die Mechanik die Grundlage der Naturwissenschaft ist, sondern die Elektrodynamik. Die Ruhe wird als Grenzfall der Bewegung begriffen und nicht mehr die Bewegung aus der Ruhe, die Dynamik aus der Statik. Die Bewegungslehre, die Kinematik scheidet

[1] In der stereochemischen Tetraedertheorie van't Hoffs kann eine elektrische Ladung dem Körper bezüglich der optischen Aktivität Antipodencharakter geben, also Materie ersetzen, Analogien ließen sich häufen.

sich nur insofern von der Geometrie, daß hier die Zeit als meßbare Größe fehlt. Trotzdem ist die Geometrie aus der Kinematik abgeleitet, da die Vorstellung der Bewegung der geometrischen Vorstellung der Form zugrunde liegt.

MAXWELLs Bestimmungen zur Erkenntnislehre sind von sehr großer Schärfe; sie befinden sich hauptsächlich in der Arbeit „Über FARADAYs Kraftlinien“[1]. Er sagt da: „Wir müssen vor allem die Ergebnisse der früheren Untersuchungen vereinfachen und auf eine dem Verstande möglichst leicht zugängliche Form bringen.“ Damit deutet er schon MACHs Prinzip der Ökonomie an. „Die Resultate dieser Vereinfachung können entweder die Gestalt einer rein mathematischen Formel oder die einer physikalischen Hypothese annehmen. Im ersten Falle verlieren wir die zu erklärenden Erscheinungen ganz aus dem Auge und können niemals eine umfassendere Übersicht über die inneren Beziehungen des Gegenstandes gewinnen, wenn wir auch die Folgerungen aus gegebenen Gesetzen zu berechnen vermögen[2]. Wenn wir andererseits eine physikalische Hypothese wählen, so sehen wir die Erscheinungen wie durch eine gefärbte Brille und sind zu jener Blindheit gegen Tatsachen und Voreiligkeit in den Annahmen geneigt, welche eine auf einem einseitigen Standpunkte stehende Erklärung begünstigt. Wir müssen daher eine Untersuchungsmethode ausfindig machen, welche uns bei jedem Schritte zu einer klaren physikalischen Anschauung befähigt, ohne uns an eine spezielle Theorie zu binden, von welcher diese Anschauung entlehnt ist, damit wir weder durch die Verfolgung analytischer Subtilitäten vom Gegenstand abgezogen, noch durch eine Lieblingshypothese von der Wahrheit entfernt werden.

„Um physikalische Vorstellungen zu erhalten, ohne eine spezielle physikalische Theorie aufzustellen, müssen wir uns mit der Existenz physikalischer Analogien vertraut machen. Unter einer physikalischen Analogie verstehe ich jene teilweise Ähnlichkeit zwischen den Gesetzen eines Erscheinungsgebietes mit denen eines anderen, welche bewirkt, daß jedes das andere

[1]) MAXWELL, Transact. of the Cambridge phil. soc. Bd. 10, S. 27 und OSTWALDS Klassiker, Nr. 69.

[2]) Das ist auch die Ansicht von KIRCHHOFF und HERTZ, wie BOLTZMANN kommentiert.

illustriert." Das ist MAXWELLS „dynamical illustration"[1]). Das von PASCAL angedeutete Abbild als Kriterium finden wir hier klar ausgesprochen. Der Zusammenhang mit MACH wird besonders durch das Nachfolgende offensichtlich:

MAXWELL betont oft, daß die Verifikation nicht ausreicht. Bilder, die in vielen Fällen angepaßt waren, genügen automatisch noch in anderen. Manchmal leisten verschiedene Erklärungsarten denselben Dienst; ein Vorzug stellt sich aber erst bei neuen unbekannten Phänomenen für die eine oder andere heraus, so daß man vorsichtig sein muß. In seinen Werken gibt MAXWELL zahlreiche Beispiele dafür.

Auch den Begriff der Arbeitshypothese deutet MAXWELL an: „Noch hat niemand ein Atom erblickt oder befühlt, und unsere Atomhypothese wird vielleicht durch eine neue Theorie von der Konstitution der Materie verdrängt werden. Jedoch ist die Vorstellung von ungezählten einzelnen Dingen, die gleichartig und unveränderlich sind, nicht im menschlichen Bewußtsein entstanden, ohne Frucht zu tragen." Dieselbe Denkart spiegeln auch seine Grundgleichungen auf, die er ohne Ableitung kraft ihrer inneren Wahrheit und Fruchtbarkeit aufstellte.

Damit verlassen wir vorläufig diese Entwicklungslinien, um zunächst die physiologischen und psychologischen Fäden aufzunehmen, die in die gemeinsame Weltanschauung hinleiten.

5. JOHANNES MÜLLER.

JOHANNES MÜLLER (1801—1858) begründete die experimentellen Methoden in der Physiologie, die sich dadurch von der Anatomie als selbständige Wissenschaft abzweigte; dem Namen nach geschah das allerdings erst nach MÜLLERs Tode. Er trieb als erster Planktonstudien und war bahnbrechend in der pathologischen Histologie. Besonders trat er dann in der Sinnesphysiologie hervor durch seine Lehre von der spezifischen Sinnesenergie[2]). In der physiologischen Optik findet man bei ihm die

[1]) MAXWELL, Scientific papers. Bd. 1, S. 537. Royal soc. tr., Bd. 55, 1865.

[2]) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Tiere. Leipzig 1826. — Handbuch der Physiologie des Menschen. 2 Bde. Koblenz 1837—44.

bis auf PTOLOMÄUS zurück verfolgbare Lehre von den identischen Netzhautstellen; er gelangt von hier aus bis zum HERINGschen Sehraum, der vom geometrischen Raum verschieden ist; in ihn ordnet er auch den eignen Leib ein, fällt aber in metaphysische Fragen zurück. Die Entfernungsschätzungen (MÜLLERscher Horopterkreis) faßt er als Verstandessache auf; hierin unterscheidet er sich von den späteren Nativisten. Die Innervationen hält er für empfindbar; hierin stand MACH anfangs auf MÜLLERS Seite, machte sich später aber davon frei[1]).

Die Prozesse der Sehsinnsubstanz können nach MÜLLERS Forschungen auch ohne Netzhauterregung spontan verlaufen. Darauf baute er seine grundlegende Arbeit „Die phantastischen Gesichtserscheinungen. Koblenz 1826."

MACH verwendet diese Ergebnisse als Stütze für seine Philosophie; er ändert daran, daß die Erscheinungen nicht, wie MÜLLER annahm, den Assoziationsgesetzen widersprechen. MÜLLER lieferte weiter eine große Anzahl bedeutender Spezialarbeiten. Der Wert seiner Persönlichkeit wird noch lange zu spüren sein, dieser Persönlichkeit, die alle seine Schüler ihre Wege selbständig nach ihrer Art gehen ließ und die sie trotzdem in beispielloser Weise anregte und förderte[2]).

MACH und HERING gehen von MÜLLER aus. MACH betont des öfteren, daß jener der erste gewesen sei, der wie er die „Empfindung an sich" untersuchte. Auch GOETHE und SCHOPENHAUER werden als Vorläufer genannt.

MÜLLERS Standpunkt lautet: „Das was durch die Sinne zum Bewußtsein kommt, sind zunächst nur Eigenschaften und Zustände unserer Nerven, aber die Vorstellung und das Urteil sind bereit, die durch äußere Ursachen hervorgebrachten Vorgänge in unseren Nerven als Eigenschaften und Veränderungen des Körpers außer uns selbst auszulegen[3])." Dabei ist festzustellen, „daß wir durch äußere Ursachen keine Arten des Empfindens haben können, die wir nicht auch ohne äußeren Ursachen durch Empfindungen der Zustände unserer Nerven haben[4])".

---

[1]) Nr. 133, S. 60.

[2]) RUDOLF VIRCHOW, Johannes Müller. Eine Gedächtnisrede. Berlin 1858.

[3]) Handbuch der Physiologie des Menschen. 1840, Bd. 2, S. 249.

[4]) l. c., S. 250.

Von hier aus liegt es nahe, die Empfindungen an sich zu untersuchen: „Über die Empfindung des Blauen läßt sich nicht weiter räsonieren; sie ist eine Tatsache, wie viele andere, die die Grenze unseres Witzes bezeichnet[1].“ Die Natur und das Wesen der transzendenten Welt bleibt uns demgemäß verschlossen[2]. Außerdem sind die Sinnestäuschungen deshalb „unter einem falschen Gesichtspunkte mißachtet worden, dagegen sie als eigentliche Sinneswahrheiten und Grundphänomene bei der Zergliederung studiert werden müssen[3]“.

Dieser Wahrheitsbegriff deckt sich mit dem von GOETHE und MACH. Mit GOETHE kam JOHANNES MÜLLER persönlich zusammen[4], er stand auch in Briefwechsel mit ihm. GOETHEs Farbentheorie hat er stets anerkannt, soweit sie sich auf die physiologische und psychologische Optik erstreckt.

„Der speziellen Physiologie sechstes Buch“ ist ein Lehrbuch der Psychologie. Im wesentlichen geht MÜLLER da von HERBART aus. Weiterhin wird wörtlich das ganze Kapitel SPINOZAs „Über die Statik der Gemütsbewegungen“ (Ethik, 3. Teil) abgedruckt, da es unmöglich sei, etwas Besseres zu liefern als SPINOZA. Hiermit haben wir eine weitere Brücke, die zu GOETHE hinführt.

Nach MÜLLER liegen dem Organismus Monaden zugrunde; unter ihnen versteht er organisierte vergängliche Urteilchen, nicht aber etwa Atome[5]. Das ist ein Unterschied von HERBART. Dagegen ist zu bemerken, daß MACH von einer eigenen (physikalisch-psychologischen) Monadenlehre ausging[6].

Erkenntnistheoretisch wendet sich MÜLLER sowohl gegen HUME wie gegen KANT, dessen Apriori er als psychologisches Charakteristikum auffaßt. Meines Wissens hat er in seinen Werken zu BERKELEY nie Stellung genommen. Dieser Schritt und auch der über BERKELEY hinaus, blieb HERING und MACH vorbehalten.

[1] l. c., S. 256.
[2] l. c., S. 258.
[3] l. c., S. 255.
[4] Vgl. GOETHEs Gespräche. Edit. Biedermann, Leipzig 1910, Bd. 4, S. 58 f.
[5] l. c., S. 555.
[6] Nr. 6.

6. GOETHE.

GOETHE paßt in unseren historischen Umriß, da seine Erkenntnislehre, soweit man davon reden darf, sich zwanglos in die Entwicklungslinien eingliedert, die von FARADAY und JOH. MÜLLER zu HERING, KIRCHHOFF und MACH führen, der ihn als Vorläufer auch ausdrücklich in Anspruch nimmt. Dann habe ich GOETHE hierhergestellt, weil unlängst in Frankreich einige Physiker — und zwar PIERRE DUHEM, GASTON MILHAUD, ABEL REY — zu GOETHEs philosophischen Ergebnissen gelangten, allerdings ohne auf diese Übereinstimmung aufmerksam geworden zu sein, dasselbe gilt von einigen deutschen Physikern. Sie alle glauben damit sowohl über MACH als über die Abbildtheorie hinausgelangen zu können.

GOETHEs Philosophie ist freilich kein neues Thema, denn alle Parteien haben aus seinen Lebensäußerungen Kleingeld gemünzt. Welche Ansichten jedoch seinen naturwissenschaftlichen Arbeiten zugrunde liegen, das ist noch nie so recht eindringlich zum Ausdruck gebracht worden. Gar manches ist da ja auch lautbar geworden, allein man maß ihn fälschlich nur an NEWTON und HELMHOLTZ. NEWTON ist kein Maßstab, da wir heute gar nicht mehr seine Emissionstheorie des Lichtes vertreten, sondern die Undulationstheorie von YOUNG und FRESNEL. Das stoffliche Lichtteilchen, das GOETHEN auch die guten Seiten an NEWTON verbitterte, hat seine Geltung verloren.

Den kantianischen GOETHE-Biographen ist es auch entgangen, daß GOETHE nicht an der physiologischen Optik des jungen HELMHOLTZ gemessen werden darf, also an dessen Vortrag aus dem Jahre 1853. Denn HELMHOLTZ hat sich nachher von KANT abgekehrt und zum Empirismus, also zu GOETHEschen Gedankengängen entwickelt, so daß nur der GOETHEvortrag von 1892 maßgebend wäre. Der Leser weiß aber, daß HELMHOLTZ überhaupt nicht in Frage kommt, sondern dessen Antipode in der psychologischen Optik EWALD HERING, der die GOETHE-MÜLLERschen Ideen ausbaute.

GOETHEs Ausdrücke über das „Dämonische“ u. a. haben manchen religiösen Knopfgießer veranlaßt, den Dichter zum

Christen umzuprägen, der gegen diese Religion mehr und schärfer äußerte, als uns heute der Staatsanwalt erlaubt, als dem „Märchen von Christus" usw. Die getreuen Hirten übersahen, daß GOETHE diese „religiösen" dämonischen Weltkräfte vornehmlich im Tier sah. „NAPOLEON", sagte der Dichter bei einem Gespräch über das Dämonische, „war es durchaus im höchsten Grade, so daß kaum ein anderer ihm zu vergleichen ist [1])." Der Herr Superintendent betrachtet aber doch schwerlich NAPOLEON als den frömmsten Menschen, und er wird die Tiere in seinem Jenseits wohl kaum erwarten.

Dann hat VORLÄNDER zugunsten KANTs eine Patrouille geritten, da er aber GOETHEs Äußerungen über die ästhetische Kritik der praktischen Vernunft irrtümlich als solche über die logische Kritik der reinen Vernunft auffaßte, dürfte auf seine lobenden Meldungen hin niemand eine Schlacht zu wagen gesonnen sein.

Der Dichter selbst meint, er könne KANT nicht folgen, dessen Philosophie läge außerhalb seines Kreises, er fühle sich durch sie nicht gebessert, der gesunde Menschenverstand halte ihn zurück. Die Freunde belächelten seine KANT-Auffassung und rieten ihm vom Studium ab, da er KANT nicht brauche, dieser ihm auch nicht gemäß sei usf. Und am Lebensabend hören wir von GOETHE, er habe sich: „mit seiner Kritik der Vernunft nie tief eingelassen". Diese Selbstbekenntnis im Alter ist schließlich doch das Maßgebendste.

Nicht viel mehr ist logisch bei SPINOZA zu holen, da der Dichter seine Distanz stark unterstrich [2]).

Diese Fragen lassen sich natürlich nicht in gedrängter Form ausfechten, deshalb widmete ich ihnen eine besondere Schrift [3]), auf die ich Interessenten verweisen muß, während ich mich hier kürzer wiederholen darf.

Doch lassen wir GOETHE selbst zu Worte kommen [4]): „Es

---

[1]) Gespräche mit ECKERMANN. 2. 3. 1831.

[2]) Dichtung und Wahrheit. Dritter Teil. 14. Buch. (1813/14 verfaßt.)

[3]) HANS HENNING, Goethe und die Fachphilosophie. Bongard, Straßburg 1912.

[4]) Nichtbelegte Zitate sind den „Maximen und Reflexionen" entnommen.

ist nun schon bald zwanzig Jahre, daß die Deutschen sämtlich transzendieren. Wenn sie es einmal gewahr werden, müssen sie sich wunderbar vorkommen."

„Skeptizismus, Kantischer oder Kritizismus, konnte nur aus den Religionssekten entstehen, aus dem Protestantismus, wo jeder sich recht gab und dem andern nicht, ohne zu wissen, daß sie alle bloß subjektiv urteilten[1])."

Besonders interessant und aufklärend ist SCHOPENHAUERS Debatte mit dem Dichter[2]): „Dieser GOETHE war so ganz Realist, daß es ihm durchaus nicht in den Sinn wollte, daß die Objekte als solche nur da seien, insofern sie von dem erkennenden Subjekt vorgestellt werden. Was! sagte er mir einst, mit seinen Jupiteraugen mich anblickend, das Licht sollte nur da sein, insofern Sie es sehen? Nein! Sie wären nicht da, wenn das Licht Sie nicht sähe[3])."

GOETHEs Wahrheitsbegriff deckt sich mit der Auffassung von JOHANNES MÜLLER und ERNST MACH. MACH sagt resümierend[4]): „Erkenntnis und Irrtum fließen aus denselben psychischen Quellen; nur der Erfolg vermag beide zu scheiden. Der klar erkannte Irrtum ist als Korrektiv ebenso erkenntnisfördernd wie die positive Erkenntnis." GOETHE wendet sich in derselben Weise wie MACH gegen irreführende Scheidungen zwischen Schein und Wirklichkeit: „Gesichtstäuschungen sind Gesichtswahrheiten." „Es ist eine Gotteslästerung zu sagen, daß es einen optischen Betrug gibt." „Die Sinne trügen nicht, aber das Urteil trügt." „Wir begreifen, daß ein Irrtum so gut als ein Wahres zur Tätigkeit bewegen und antreiben kann. Weil nun die Tat überall entscheidend ist, so kann aus einem tätigen Irrtum etwas Treffliches entstehen, weil die Wirkung des Getanen ins Unendliche reicht." Das ist deutlich der Standpunkt der Arbeitshypothese, welchen GOETHE überdies klar ausspricht: „Des Wahren bedient man sich, solange es

[1]) GOETHES Gespräche. Bd. 2, S. 46.
[2]) GOETHES Gespräche. Bd. 2, S. 245.
[3]) Dem Adelsberger Grottenmolch verkümmerten die Augen, weil er im Finstern sitzt; die Binsenweisheit, daß er aus dem Grunde nichts sieht, weil er keine Augen hat, führt auf Irrwege.
[4]) Nr. 133, S. 114.

brauchbar ist[1]." „Eine falsche Hypothese ist besser als gar keine; denn daß sie falsch ist, ist gar kein Schade[2])."

Zu absoluten Wahrheiten wie KANT kann GOETHE auf dieser Basis natürlich nicht gelangen, allein das ist auch keineswegs seine Absicht: „Ich mag mich stellen wie ich will, so sehe ich in vielen berühmten Axiomen nur die Aussprüche einer Individualität, und gerade das, was im allgemeinsten als wahr anerkannt wird, ist gewöhnlich nur ein Vorurteil der Masse . . ." [3]), „. . . alles was wir gegen sie (scil. die Natur) theoretisch vornehmen, sind Approximationen, bei denen Bescheidenheit nicht genug zu empfehlen ist[4])." „Der Mensch begreift niemals, wie anthropomorphisch er ist."

Die synthetischen Urteile a priori lehnt der Dichter natürlich dann auch ab: „Man spricht ja immer nur die Erfahrung identisch aus. Was man erfährt, ist ja eben die Erfahrung und nichts weiter dahinter[5])." Damit fällt selbstredend die „reine" Mathemathik dahin. Beachtenswert ist seine Charakteristik gegenüber Kanzler MÜLLER: „Ihre (scil. der Mathematik) ganze Sicherheit ist weiter nichts als Identität. Zweimal zwei ist nicht vier, sondern ist eben zweimal zwei, und das nennen wir abkürzend vier. Vier ist aber durchaus nichts Neues. Und so geht es immerfort bei ihren Folgerungen, nur daß man in den höheren Formeln die Identität aus den Augen verliert[6])." Schärfer konnte die Absage an KANT nicht sein.

„Die Zahlen sind wie unsere armen Worte nur Versuche, die Erscheinungen zu fassen und auszudrücken, ewig unzureichende Annäherungen[7])." Diese Auffassung vertritt GOETHE auch in der Geometrie: „Die Lehre von dem Gebrauch der korrespondierenden Winkel ist, genau besehen, darin enthalten."

---

[1]) GOETHE fährt fort: „Dieses zu erfahren, war mir erst ein Ärgernis, dann betrübte ich mich darüber, und nun macht es mir Schadenfreude."

[2]) GOETHE, Analyse und Synthese.

[3]) GOETHE-SCHILLER. 5. 5. 1798.

[4]) GOETHE-SCHILLER. 25. 2. 1798.

[5]) GOETHES Gespräche. Bd. 2, S. 136.

[6]) Vgl. Briefe an CHARLOTTE STEIN. 21. und 23. 5. 1786. — An VOIGT. 29. 12. 1798. — Wanderjahre. I. Buch, Kap. 10. — „Verhältnis zur Mathematik." Farbenlehre, didaktischer Teil.

[7]) GOETHES Gespräche. Bd. 2, S. 223.

Vom Entwicklungsgedanken und vom Weltbilde des Werdens gelangt GOETHE dann auch zur genetischen Methode. Wie LICHTENBERG und MACH betont er bei diesem Anlasse den Wert des gesunden Menschenverstandes, den er genetisch in zahlreichen Beispielen analysiert[1]). Wie jene zieht er daraus dieselben Konsequenzen für die Pädagogik.

GOETHE erreicht den Ausgleich zwischen Realem und Idealem auf folgendem Wege: „Es gibt eine zarte Empirie, die sich mit dem Gegenstand innigst identisch macht und dadurch zur eigentlichen Theorie wird.“ Mit anderen Worten: die vollkommenste Anpassung der Gedanken an die Tatsachen ergibt die Theorie. Heute nennen wir dieselbe Abbildtheorie.

SCHILLER charakterisiert die Art des Freundes als Fähigkeit „seine Anschauung zu generalisieren und seine Empfindung gesetzgebend zu machen[2]).“ Er ist nicht eher zufrieden, als bis seine Ideen Existenz bekommen haben[3]). „Schon in die erste Anschauung der Dinge hätten Sie dann die Form des Notwendigen aufgenommen[4]).“ Er suche „in dem Empirischen den Charakter der Notwendigkeit auf“.[5])

SCHILLER redet hier immer um die „Anpassung der Gedanken an die Tatsache“ herum. Die klare Fixierung, der Freund wende auf das Psychische das DARWINsche Prinzip, die Abbildtheorie, an, wird man billigerweise von ihm nicht verlangen wollen.

GOETHEs Auffassung kommt zunächst näher an MACH heran als an die Abbildtheorie von HEINRICH HERTZ mit der Naturnotwendigkeit. Auch HELMHOLTZ spricht sich dahin aus, des Dichters Art neige mehr zu KIRCHHOFF — auf dem ja MACH fußt — überhaupt zur deskriptiven Anordnung. In diesem Punkte liegt GOETHEs Wesensverwandtschaft mit dem beschreibenden LINNÉ. Das deskriptive Moment läßt dem Dichter größeren Spielraum für seinen Hang zum Wunderbaren[6]), zur Dichtung,

[1]) Maximen und Reflexionen.

[2]) Brief an GOEHTE. 31. 8. 1794.

[3]) Brief an GOETHE. 5. 3. 1799.

[4]) Brief an GOETHE. 23. 8. 1794.

[5]) Brief an GOETHE. 23. 8. 1794; vgl. 20. 2. 1802.

[6]) Auch MACH schrieb ein Kapitel über das Wunderbare. Nr. 121, S. 367ff.

zur ästhetischen Naturbetrachtung. Die rein kausale Auffassung „an die nächsten Ursachen denkt man meist doch nicht“ — hätte sein Wesen vergewaltigt. Deshalb mußte der Konflikt mit NEWTON ihn im innersten Wesen berühren.

Dabei vertritt GOETHE, „da ich denn doch zur Identitätsschule gehöre, ja zu ihr geboren bin“, den Standpunkt: „die Materie kann nie ohne Geist, der Geist nie ohne Materie existieren [1].“

Eine genaue Auseinandersetzung, was er eigentlich mit dieser höheren Empirie meine, gibt er in „Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt“ aus dem Jahre 1792. Er sagt da: Der Mensch betrachtet die Gegenstände in bezug auf sich selbst, sein Schicksal hängt davon ab, ob sie ihm nutzen oder schaden. Das ist eine durchaus biologisch-philosophische Bestimmung im Sinne von DARWIN und SPENCER; MACH beginnt sein Buch ebenfalls mit dieser Idee. GOETHE fährt fort: dabei ist der Mensch tausend Irrtümern ausgesetzt. Betrachten wir aber die Gegenstände der Natur an sich und in ihren Verhältnissen untereinander, so fehlt dieser biologische Maßstab des Gefallens und Mißfallens, des Nutzens und Schadens.

Wiederholen wir frühere Erfahrungen und Phänomene, so nennen wir dieses einen Versuch. Diesen faßt GOETHE so weit, daß er auch die Gedankenexperimente in ihn einordnen kann. Dessen Vorzug, fährt er fort, besteht darin, daß er jederzeit neu unternommen werden kann; einen Wert erhält er jedoch erst in Verbindung mit anderen Versuchen. Denn der Einzelversuch ist etwas Isoliertes, das nicht unmittelbar zu einem Beweis oder einer Hypothese verwendet werden darf. Es mögen nämlich die Erfahrungen wohl isoliert erscheinen, sie sind es aber nicht; denn in der Natur steht alles in Verbindung mit dem Ganzen. Wir müssen also den Zusammenhang, eine mittelbare Verbindung der Phänomene aufsuchen. „Die Vermannigfaltigung [2]) eines jeden einzelnen Versuches ist also die eigentliche Pflicht eines Naturforschers.“ „Eine solche Erfahrung, die aus mehreren anderen besteht, ist offenbar von einer höheren Art. Sie stellt die

---

[1]) GOETHE-ZELTER. 15. 1. 1813.

[2]) Vermannigfaltigung ist nicht zu verstehen als ledigliche Multiplizierung und Wiederholung, sondern als Aufsuchen der mannigfaltigen Zusammenhänge.

Formel vor, unter welcher unzählige einzelne Rechnungsexempel ausgedrückt werden." Wir erinnern uns, daß dieses auch die Definition des Gesetzes durch KIRCHHOFF, MACH und OSTWALD ist.

Dabei, fährt GOETHE fort, muß man mit der mathematischen Methode vorgehen. Zwar sind deren Demonstrationen immer mehr Darlegungen und Rekapitulationen als Argumente, allein das verschlägt nichts; die Methode der Argumente erschleicht ja doch mit ihren isolierten Versuchen das Urteil, so daß sie wertlos ist.

Aber „die Elemente dieser Erfahrungen der höheren Art, welches viele einzelne Versuche sind, können alsdann von jedem untersucht und geprüft werden, und es ist nicht schwer zu beurteilen, ob die vielen einzelnen Teile durch einen allgemeinen Satz ausgesprochen werden können; denn hier findet keine Willkür statt."

Die Stoffe der höheren Erfahrung müssen in Reihen geordnet sein, auf diese Weise übersieht und vermehrt man die Kenntnisse schneller und reiner[1]). Damit wendet GOETHE das Prinzip der Ökonomie von MACH an.

Weiter legte GOETHE seine Stellung nieder in „Erfahrung und Wissenschaft" im Jahre 1798; wir folgen seinem Gedankengange. „Während des Arbeitens bildet sich dem Naturforscher schließlich ein Ideal aus." „Wenn ich die Konstanz und Konsequenz der Phänomene bis auf einen gewissen Grad erfahren habe, so ziehe ich daraus ein empirisches Gesetz und schreibe es den künftigen Erscheinungen vor[2]). Passen[3]) Gesetz und Erscheinung in der Folge völlig, so habe ich gewonnen; passen[3]) sie nicht ganz, so werde ich auf die Umstände der einzelnen Fälle aufmerksam gemacht und genötigt, neue Bedingungen zu suchen, unter denen ich die widersprechenden Versuche reiner darstellen kann; zeigt sich aber manchmal, unter gleichen Umständen, ein Fall, der meinem Gesetze widerspricht, so sehe ich, daß ich mit der ganzen Arbeit vorrücken und mir

---

[1]) Bis hierher folgen wir dem Gange des „Versuch als Vermittler".

[2]) Das ist auch die Definition der Wissenschaft bei MACH und OSTWALD.

[3]) Hier spricht GOETHE deutlich die Anpassung aus.

einen höheren Standpunkt suchen muß." „Dieses wäre also nach meiner Erfahrung derjenige Punkt, wo der menschliche Geist sich den Gegenständen in ihrer Allgemeinheit am meisten nähern, sie zu sich heranbringen, sich mit ihnen (wie wir es sonst in der gemeinen Empirie tun[1])) auf eine rationelle Weise gleichsam amalgamieren kann." Damit spricht der Dichter ganz eindeutig die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen aus. Er fährt fort: das empirische Phänomen wird also zum wissenschaftlichen und dieses zum reinen.

Im Jahre 1823 hören wir[2]), das Amalgamieren, das Anpassen und Annähern sei GOETHEs Wesen: er habe es die letzten 50 Jahre nur nicht klar ausdrücken können. Jetzt aber sei ihm alles deutlich durch HEINROTHs Worte: „daß nämlich mein Denkvermögen gegenständlich tätig sei; womit er aussprechen will: daß mein Denken sich von den Gegenständen nicht sondere, daß die Elemente der Gegenstände, die Anschauungen in dasselbe eingehen und von ihm auf das innigste durchdrungen werden, daß mein Anschauen selbst ein Denken, mein Denken ein Anschauen sei ..."

Da der Dichter früher die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen und aneinander nicht klar auszudrücken vermochte vor diesem erlösenden Worte HEINROTHs, dem er freudig einen ganzen Aufsatz widmet, hat er ab und zu oberflächlich andere Positionen vertreten, z. B. den KANTs: „Zwar vermag ich", sagt GOETHE, „für kurze Zeit mich auf jenen Standpunkt zu versetzen, aber ich muß doch immer, wenn es mir einigermaßen behaglich werden soll, zu meiner alten Denkweise zurückkehren."

In diesem Sinne deutet der Dichter auch KANT um: Mit dem Intellectus archetypus scheint der Alte vom Königsberge zwar „auf einen göttlichen Verstand zu deuten, allein wenn wir ja im Sittlichen durch Glauben an Gott, Tugend und Unsterblichkeit uns in eine obere Region erheben und an das erste Wesen annähern sollen, so dürft es wohl im Intellektuellen derselbe Fall

[1]) Der Klammerausdruck ist ein Beleg, daß GOETHE hier allgemeinphilosophische, nicht aber spezialwissenschaftliche Bestimmungen macht.

[2]) GOETHE, Bedeutende Fördernis durch ein einziges geistreiches Wort. 1823.

sein, daß wir uns durch das Anschauen einer immer schaffenden Natur zur geistigen Teilnahme an ihren Produktionen würdig machen ..., so konnte mich nunmehr nichts weiter verhindern, das Abenteuer der Vernunft, wie es der Alte vom Königsberge selbst nennt, mutig zu bestehen [1])." Auf die höchsten Kulturwerte dehnt GOETHE hier das darwinistische Prinzip, die Anpassung der Gedanken aneinander aus.

7. FRIEDRICH NIETZSCHEs Erkenntnislehre.

An dieser Stelle wäre mancher zu nennen, nicht zuletzt FRIEDRICH HEBBEL, der durch seine Freundschaft mit BRÜCKE, LUDWIG und anderen Physiologen starkes Interesse für die Psychologie gewann. Er hat sich in vielem an den von ihm hochgeschätzten LICHTENBERG angeschlossen, in vielem ging er bis zur Abbildtheorie. Auch im einzelnen sagt er manches kluge Wort, das heute noch nicht ausgemünzt ist [2]). Wie stark NIETZSCHE in HEBBEL fußt, wird an dem Übermenschen HOLOFERNES klar, doch sind die historischen Fäden noch nicht kritisch bis in die verborgenen Winkel der „Tagebücher" verfolgt worden.

NIETZSCHE jedoch möchte ich hier nicht ganz übergehen, nicht weil MACH ihn für sich beansprucht, im Gegenteil: nur einmal redet er vom „frechen Übermenschen" [3]). Der Geist NIETZSCHEs war eben MACHs Natur ganz und gar nicht konform. Ich rede hier vielmehr deshalb von NIETZSCHE, weil er der erste Pragmatiker ist, und weil seine Erkenntnislehre gänzlich vergessen wurde über der dichterischen Wucht seines Entwicklungsgedankens.

Schon 1873 gibt NIETZSCHE in einer kleinen Schrift, betitelt: „Über Wahrheit und Lüge im außermoralischen Sinn" den ganzen Pragmatismus. Er betont da den biologischen Wert des Intellekts, zeigt, wie weit er reichen kann, und beweist den relativen Anthropomorphismus. Auch wird genetisch gezeigt, wie der Irrtum einer absoluten Wahrheit entstehen konnte.

[1]) GOETHE, Anschauende Urteilskraft. 1820.

[2]) HANS HENNING, Der Traum ein assoziativer Kurzschluß. Bergmann, Wiesbaden 1914. S. 54.

[3]) Nr. 91, S. 20.

Der Abschnitt: „Vom Nutzen und Nachteil der Historie für das Leben“ in den „Unzeitgemäßen Betrachtungen“ von 1873/74 ist vielleicht das Gewaltigste, was NIETZSCHE geschrieben hat. Hier wird die lebendige Tat, das aktive Erleben, das pragmatische Denken in den schärfsten Gegensatz zur absolutistischen Theorie gebracht; und zwar ist das Kampffeld hier nicht die hohle Logik, sondern der volle Inhalt der gesamten Kultur. Als Ergänzung tritt das Nachlaßwerk „Wir Philologen“ hinzu.

Das erste Hauptstück von „Menschliches, Allzumenschliches“ handelt von den ersten und letzten Dingen. Hier hören wir, daß es in der Welt kein Innen und Außen gibt, wie NIETZSCHE überhaupt der GOETHEschen Weltauffassung einen größeren Tribut zollte, als mancher ahnt. Weiter vernehmen wir: „es gibt keine ewigen Tatsachen, so wie es auch keine absoluten Wahrheiten gibt.“ Man findet die schärfsten Absagen an KANT und die Metaphysik überhaupt, aber auch die engsten Berührungspunkte mit MACH: von der Notwendigkeit des Irrtums an bis in kleinste Einzelheiten der genetischen Analyse.

Auch „Jenseits von Gut und Böse“ beginnt wieder mit der Kernfrage der Erkenntnislehre im ersten Kapitel: „Von den Vorurteilen der Philosophen“, wo wir wieder einem lebenskräftigen Pragmatismus begegnen.

Endlich im „Willen zur Macht“ ringt sich diese Stellung ausführlich durch, als deren Motto die Worte gelten dürfen: „Gegen die erkenntnistheoretischen Dogmen tief mißtrauisch, liebte ich es, bald aus diesem, bald aus jenem Fenster zu blicken, hütete mich, mich darin festzusetzen, hielt sie für schädlich — und zuletzt ist es wahrscheinlich, daß ein Werkzeug seine eigene Tauglichkeit kritisieren kann?? — Worauf ich acht gab, war vielmehr, daß niemals eine erkenntnistheoretische Skepsis oder Dogmatik ohne Hintergedanken entstanden ist — daß sie einen Wert zweiten Ranges hat, sobald man erwägt, was im Grunde zu dieser Stellung zwang.“

Überall, wo im Zarathustra die Rede auf das Erkennen kommt, drängt sich die pragmatische Philosophie vor: „Für mich — wie gäbe es ein Außermir? Es gibt kein Außen! Aber das vergessen wir bei allen Tönen . . .“

„In Mumien verliebt die einen, die andern in Gespenster; und beide gleich feind allem Fleisch und Blute — oh, wie gehen beide mir wider den Geschmack! . . .“

„Wollen befreit: denn Wollen ist Schaffen: so lehre ich. Und nur zum Schaffen sollt ihr lernen.“

„. . . aber ich will, daß euer Mutmaßen begrenzt sei in der Denkbarkeit.“

. . . — aber dies bedeute euch Wille zur Wahrheit, daß alles verwandelt werde in Menschen-Denkbares, Menschen-Sichtbares, Menschen-Fühlbares! Eure eigenen Sinne sollt ihr zu Ende denken!

„Auch im Erkennen fühle ich nur meines Willens Zeuge- und Werde-Lust . . .“

„. . . Niemals noch hängte sich die Wahrheit an den Arm eines Unbedingten.“

‚Wille zur Wahrheit‘ heißt ihr's, ihr Weisesten, was euch treibt und brünstig macht?

Wille zur Denkbarkeit alles Seienden: also heiße ich euern Willen.

Alles Seiende wollt ihr erst denkbar machen: denn ihr zweifelt mit gutem Mißtrauen, ob es schon denkbar ist.

Aber es soll sich euch fügen und biegen! So will's euer Wille. Glatt soll es werden und dem Geiste untertan, als sein Spiegel und Widerbild . . .

Schaffen wollt ihr noch die Welt, vor der ihr knien könnt: so ist es eure letzte Hoffnung und Trunkenheit.“

Wenn auch mancher dieser Sprüche auf Gott und ethische Werte gemünzt sein mag, so gilt er auch ebenso für das bloße Erkennen, was ja der „Nutzen und Nachteil“ einwandfrei erweist.

MACHs Kritiker.

Die Kantianer nehmen irrtümlicherweise an, MACH lehre einen absoluten Fluß im Sinne von HERAKLITs πάντα ῥεῖ. Wenn nun alles fließe, wie könne der Fluß das Fließen beobachten, das sei doch unmöglich[1]). Vielmehr müsse man mit KANT dem Flusse ein beharrliches Subjekt entgegenstellen.

Nun, KANT sagt genau das Gegenteil, was diesen seinen Jüngern wohl entging. Denn wir lesen: „Wenngleich der Satz einiger alten Schulen, daß alles fließend und nichts in der Welt beharrlich und bleibend sei, nicht stattfinden kann, sobald man Substanzen annimmt, so ist er doch nicht durch die Einheit des Selbstbewußtseins widerlegt.“ Nehmen wir aber ohne Beweis eine Substanz im Widerspruch zu der metaphysikfreien Naturwissenschaft an, dann behaupten wir einfach naiv, daß eine Beharrlichkeit existiere. MACH setzt aber weder eine Substanzialität der Seele im Sinne KANTs, noch die der Materie voraus wie KANT. Dieser mochte noch annehmen, daß man ein gut Teil seines Gehirns verlieren könne, ohne an seiner Seele irgend eine Einbuße zu erleiden, heute geht das nach der Lokalisationslehre nicht mehr an. KANT hat auch die objektive Existenz eines den Weltraum erfüllenden „Wärmestoffes“ gemäß den primitiven damaligen physikalischen Kenntnissen behauptet[2]); die Folge davon ist das Ding an sich, das nur der philosophische Ausdruck für den physikalischen Wärmestoff ist. Heute ist nicht einmal mehr die Erfüllung des Weltalls mit Äther haltbar.

KANT fährt fort: „Denn wir selbst können aus unserem Bewußtsein darüber nicht urteilen, ob wir als Seele beharrlich sind

[1]) Seitdem bekannt ist, daß die Sonne nicht ruht, sowie daß alle Fixsterne Eigenbewegung haben, und seit der Glaube an die Zentralsonne, den noch ARGELANDER hegte, hinfiel, sollten solche Einwände allmählich verstummen.

[2]) HANS HENNING, Kants Nachlaßwerk. Straßburg 1912.

oder nicht, weil wir zu unserem identischen Selbst nur dasjenige zählen, dessen wir uns bewußt sind, und so allerdings notwendig urteilen müssen, daß wir in der ganzen Zeit, deren wir uns bewußt sind, eben dieselben sind. In dem Standpunkte eines Fremden aber können wir dieses noch nicht für gültig erklären, weil, da wir an der Seele keine beharrliche Erscheinung antreffen als nur die Vorstellung Ich, welche sie alle begleitet und verknüpft, so können wir niemals ausmachen, ob dieses Ich (ein bloßer Gedanke) nicht ebensowohl fließe als die übrigen Gedanken, die dadurch aneinander gekettet werden [1])."

Die Beharrlichkeit, „mithin die Substanzialität der Seele" muß nach KANT vielmehr erst bewiesen werden [2]). Es folgt keineswegs die „Identität der Person aus der Identität des Ich in dem Bewußtsein aller Zeit, darin ich mich erkenne [2])." Es mag der Begriff der Persönlichkeit zwar als „zum praktischen Gebrauch nötig und hinreichend" beibehalten werden, in der Vernunft jedoch „können wir nimmermehr Staat machen, da dieser Begriff sich immer um sich selbst herumdreht und uns in Ansehung keiner einzigen Frage ... weiter bringt [3])." „Da ich aber, wenn ich das bloße Ich bei dem Wechsel aller Vorstellungen beobachten will, kein anderes Korrelatum meiner Vergleichungen habe, als wiederum mich selbst mit den allgemeinen Bedingungen meines Bewußtseins, so kann ich keine anderen als tautologische Beantwortungen auf alle Fragen geben, indem ich nämlich meinen Begriff und dessen Einheit den Eigenschaften, die mir selbst als Objekt zukommen, unterschiebe und das voraussetze, was man zu wissen verlangte" [4]).

MACH nimmt aber weder die Substanzialität der Seele noch die Ansicht an, man könne ein gut Teil der Seele verlieren, ohne an der Seele eine Einbuße zu erleiden, und beides aus demselben Grunde. Damit hat er freie Bahn. Außerdem hat er in ermüdenden Wiederholungen betont, daß er weder den

---

[1]) Kritik der reinen Vernunft. 1. Aufl., Beilage 2, S. 364. (KIRCHMANN, S. 740.)

[2]) l. c., S. 365. (KIRCHMANN, S. 741 f.)

[3]) l. c., S. 365. (KIRCHMANN, S. 741 f.)

[4]) l. c., S. 366.

absoluten Fluß im Sinne HERAKLITs noch irgend eine andere erkenntnistheoretische Behauptung vertrete. Die kantianischen Kritiker können MACH also nicht einmal berühren, wenn sie nicht den Boden KANTs verlassen und auf MACHs Boden hinübertreten, um dort MACH mit dessen eigener Methodik zu widerlegen. Für MACH stellen sich nämlich KANTs Beweise — auch das Apriori muß nach KANT erst bewiesen werden[1]) — dar als mit rückwirkender Beweiskraft gezogen aus Tatbeständen, die MACH nicht anerkennt und die KANT selber offen läßt.

KANT und MACH haben eigentlich gar keine Berührungspunkte. Sie sind Antipoden. KANTS Welt ist ein begriffliches Reich ferne vom realen Leben mit seinen Aufgaben. Er will ewige Wahrheiten oder gar keine. Den goldenen Mittelweg der Erfahrung, mit der doch jeder, auch der Kantianer, sein Leben lebt, auf dem Kultur und Zivilisation ihren Siegeszug gingen, auf dem allein auch der Kantianer naturwissenschaftlich neue Tatsachen finden kann, — er verschmäht ihn. A priori, d. h. eben ohne Erfahrung, bloß mit dem reinen Verstand am Schreibtisch zu forschen gilt ihm als Vornehmstes. Das ist sein Wunsch, das ist sein Ziel; darauf stimmt er sein System schon in der Einleitung.

Da sagt KANT: „Bisher nahm man an, alle unsere Erkenntnis müsse sich nach den Gegenständen richten; aber alle Versuche über sie a priori etwas durch Begriffe auszumachen, wodurch unsere Erkenntnis erweitert würde, gingen unter dieser Voraussetzung zunichte.“

Nun, zunächst ist diese Auffassung gerade keine bloße Annahme. Gibt es keinen Gegenstand, etwa einen violetten Sperling mit fünf Flügeln, sechs Beinen und drei Schwimmflossen, so muß sich meine Erkenntnis danach richten. Die Naturwissenschaft wird durch die jahrhundertlange Entmutigung zu der etwas späten Einsicht gedrängt, daß es ohne Erfahrung eben kein Fortschreiten gebe. Weil man noch niemals apriorisch etwas Neues zu finden vermochte, verzichtete die Naturwissenschaft gerne auf das untaugliche Werkzeug. Und das um so leichter, als noch kein Philosoph auch nur einen Satz fand, den die Nachfahren nicht hätten umstoßen müssen.

Nun gut, KANT sieht also ein, daß es keine apriorische Er-

[1]) KANT, Kritik der reinen Vernunft. 2. Aufl., S. 188.

fahrung gibt in dem Falle, daß sich unsere Erkenntnis nach den Gegenständen richten müsse. Demnach hat man zwei Möglichkeiten. Entweder man verzichtet auf die apriorische Erkenntnis, oder man sucht sich eine neue. Den ersten Weg geht MACH, den zweiten jedoch KANT. Niemals aber hat KANT dargetan, daß der erste Weg falsch sei; er hat nur behauptet, daß man auf ihm nicht zu apriorischen Ergebnissen gelange. Das ist denn auch gar nicht MACHs Absicht, und so ist nicht abzusehen, was man vom KANTischen Boden gegen ihn einwenden könnte. Ehe KANT beginnt, trennt er sich von ihm auf unbestrittenem Wege. Der ganze logische Apparat KANTs darf ihm also nichts anhaben.

Betrachten wir nun den Weg, wo KANT abbog. Die Erkenntnis richtet sich nach Gegenständen, hieß es; gewiß. Wenn keine Sterne da wären, so wäre die Astronomie ein Spuk. Fehlten die Pflanzen, so gehörten alle Botaniker ins Tollhaus.

KANT weist uns aber darauf, daß KOPERNIKUS ja auch einmal die Welt auf den Kopf stellte, und mit diesem recht arg hinkenden Vergleich rät er uns: „Man versuche es daher einmal, ob wir nicht in den Aufgaben der Metaphysik damit besser fortkommen, daß wir annehmen, die Gegenstände müssen sich nach unserer Erkenntnis richten . . ."

Wer den Versuch gutwillig nicht auf sich nehmen will, den kann man nicht dazu bringen, selbst wenn man ihm Aprioritäten dafür verspricht. MACH nun unternimmt diesen Versuch nicht, daß er die genannten Annahmen macht. Das Ergebnis ist nur das: mit kantianischen Ergebnissen kann man ihn überhaupt nicht in Beziehung bringen. MACH hat also recht: alle kantianischen Kritiken müssen an ihm vorbeistreifen.

Demnach erübrigt es sich, KANTEN weiter zu folgen. Eine Strecke wollen wir das aber doch tun. Sagen wir: halt! die Gegenstände richten sich doch nicht nach uns, die Sonne dreht sich doch nicht aus ihrem Gleis, wenn ich sie wo anders sehen möchte, etwa im dunklen Kerker, — dann lächelt der alte Philosoph und sagt: so war es nicht gemeint! Er erzählt uns dann, daß er wohl anfangs von den Gegenständen, von der Welt ebenso redete wie wir; nun wolle er aber unter den Gegenständen und der Welt nicht mehr die Gegenstände und die Welt verstanden wissen, sondern etwas anderes.

Er hat uns jedoch nicht bewiesen, daß wir diese Umdeutung logischerweise mitmachen müssen. MACH geht hier nicht mit ihm, folglich ist alles, was auf dieser Umdeutung fußt, für MACH unverbindlich. Es ist eine interne Angelegenheit derer, die diesen Weg gehen. Eine neue Sprache wurde verabredet, man versteht sich nicht mehr. KANTs Worte verhallen für MACHs Lehre unverstanden, und umgekehrt berührt nichts das KANTische System fürder, was MACH weiter sagt. Zur Diskussion steht nur diese Annahme und diese Umdeutung. KANT hat MACH frei gestellt, ob er mittue. Richtig sei beides, wenn zwar man nur auf dem zweiten Weg beim Apriori lande. MACH hingegen tut nicht mit, denn er hält den zweiten Weg für einen Irrweg. Sie sind sich also nur darin einig, daß der erste Weg richtig sei, aber daß er nichts apriorisch ausmachen könne. Da dies gar nicht MACHs Absicht ist, Aprioritäten zu finden, so ist die Erkenntnistheorie KANTs ohne jedes Mittel an MACHs Lehren irgend einen Ausstand anbringen zu können.

KANTs Umdeutung geht nun so vor sich: die Gegenstände faßt er fürder als Gegenstände der Erkenntnis. Warum er aber diese Umdeutung vornimmt, das begründet er nur mit Worten der schon umgedeuteten Sprache; die Beweiskraft ist rückwirkend. Wollen wir aber diese neue Methode anwenden, so zeigt sich, daß sie nur „Traumellen", nicht aber richtige Ellen zum Messen in die Hand gibt. Sie redet ja nur von gedachten Größen.

Seit der Erfindung der Rechenmaschine hält es auch schwer, an die synthetischen Urteile a priori des reinen Verstandes in der Mathematik zu glauben, wenn ihnen sonst nichts im Wege stünde. Allein BENNO ERDMANN wies schon darauf, warum es keine erweiternden reinen Urteile geben könne [1]). Trotz aller Versprechungen hat die Erkenntnistheorie die Realität der Außenwelt und der fremden Ich noch nicht erweisen können, so daß der von KANT unbestrittene Weg MACHs sich doch wohl empfiehlt. Im einzelnen habe ich die modernen Erkenntnistheorien auf ihren logischen Gehalt und ihre Beziehung zu MACH schon an anderem Orte [2]) ganz eingehend untersucht, so daß ich darauf hinweisen kann.

---

[1]) BENNO ERDMANN, Logik. 2. Aufl. Halle 1907, Bd. 1, S. 291—296.

[2]) HANS HENNING, Irrgarten der Erkenntnistheorie. Bongard, Straßburg.

Der erkenntnistheoretische Sensualismus, der die Welt auf Empfindungen gründet, lautet: „Das Sein ist nie etwas, über das man Empfindungen hat, sondern es ist immer nur das, was empfunden wird, und es ist daher nichts, wenn es nicht Bestandteil einer Empfindung ist.“ (J. St. Mill.)

Wir übersetzen das Wort „Empfindung“ mit dem Worte „Urteil“ und erhalten den Nominalismus von RICKERT: „Das Sein ist . . nie etwas, über das geurteilt wird, sondern es ist nur das, was ausgesagt wird, und es ist daher nichts, wenn es nicht Bestandteil eines Urteils ist.“ Das Objekt verwandelt sich in die Objektivität. Ähnlich ergeht es den anderen Erkenntnistheorien. Wenn MACHs Gegner damit naturwissenschaftliche Spezialuntersuchungen durchführen können — bislang ist alles noch Programm — so wird man ja sehen. Die letzten hundert Jahre ging es auf dem anderen Wege, den KANT meidet, indessen auch recht gut.

Die Hauptirrtümer der kantianischen MACH-Kritiker sind damit gekennzeichnet. Da MACH selbst betonte, daß die Parallelen mit KANT an seiner Lehre vorbeistreifen müssen, wundert man sich allerdings, daß immer neue Doktordissertationen geschrieben werden, von denen dasselbe gelten muß. Einen Blick wollen wir auf sie werfen:

1. RICHARD HÖNIGSWALD[1]) identifiziert HERAKLIT und MACH. Dann schiebt er MACH falsche Behauptungen unter, z. B. sagt er: MACHs Empfindungen seien reale Größen mit objektiver starrer Existenz. MACH denkt natürlich gar nicht daran. HÖNIGSWALD übersah, daß MACH die Empfindung, wie sie als Begriff des psychologischen Spezialbetriebes üblich ist, sehr genau von der philosophischen Empfindung als funktionalem Element in unerkenntnistheoretischem Sinne unterscheidet. Das heißt aber an MACH vorbeilesen. Man weiß nicht, ob MACH ergänzend oder befehdend, zieht er dann Konsequenzen, die MACH diametral widersprechen. Das hält ihn aber nicht ab, nachher zu behaupten, MACH habe den Boden von KANT nie verlassen. Wir stimmen MACHs Replik bei: irgend einen Nutzen haben diese Untersuchungen nicht[2]).

[1]) R. HÖNIGSWALD, Zur Kritik der Machschen Philosophie. Berlin 1903.
[2]) Nr. 91, S. 299 f. — Nr. 133, S. 7.

2. REINHOLD HELL[1]) ließ sich davon nicht abschrecken und maß MACHs Lehren an der Philosophie RICKERTs, der jedes Objekt leugnet. Die Irrtümer der Auffassung teilt er mit HÖNIGSWALD. Die Elemente faßt er mit EWALD[2]) als hart an Materialismus streifend (!). Er hat also das Gegenteil aus MACH herausgelesen und etwas kritisiert, was MACH nie im Leben behauptet hat. Seine Bestimmungen über Naturwissenschaft betreffen eine Archetypuswissenschaft, aber nicht die heutige Naturwissenschaft.

3. FERDINAND REINHOLD[3]) oder wie er als Doktorand noch hieß: REINHOLD SCHULTZ verkennt von einer zu WUNDT neigenden Stellungnahme die MACHschen Bestimmungen durchaus. Er unterschiebt MACH: die Elemente seien identische und reale Bausteine, die nicht isoliert bestehen könnten. Er geht so weit in seinem Mißverständnis, daß er fragt: „wie können Elemente oder deren Beziehungen „Meinungen" über sich haben . .? Existieren dann noch Elemente[4])?" Füglich dürfte man REINHOLD fragen: wie können Begriffe oder das Apriori „Meinungen" über sich haben? Kann man mit Begriffen die zerstörten Städte Siziliens wieder aufbauen?

4. ROBERT MUSIL[5]), wie die anderen MACH-Kritiker HÖNIGSWALD und HICKSON ein Schüler RIEHLs, setzt die Arbeit HÖNIGSWALDS mit dessen Mißverständnissen fort, obgleich MACH diese inzwischen richtiggestellt hatte, indem er MACHs Methodenlehre in Angriff nimmt. Soweit MUSIL auf die Physik eingeht, hören wir viel von NEWTON, ohne daß er MACHs Ausstände an NEWTON entkräftete. Dann werden MACHs „letzte metaphysische und erkenntnistheoretische Resultate", die jedoch nicht von MACH, sondern nur von MUSIL stammen, widerlegt. Nur ein von MUSIL

---

[1]) BERNHARD HELL, Ernst Machs Philosophie. Eine erkenntnistheoretische Studie über Wirklichkeit und Wert. Stuttgart 1907.

[2]) OSKAR EWALD (FRIEDLÄNDER), Richard Avenarius als Begründer des Empiriokritizismus. Berlin 1905, S. 75. AVENARIUS ist hier ebenso mißverstanden.

[3]) FERDINAND REINHOLD, Machs Erkenntnistheorie. Leipzig 1908. — Die sonst gleichlautende Doktordissertation nennt als Verfasser REINHOLD SCHULTZ.

[4]) l. c., S. 152.

[5]) R. MUSIL, Beitrag zur Beurteilung der Lehren Machs. Dissertation. Berlin, 1908.

konstruiertes Schreckgespenst, nicht die MACHsche Lehre ist damit zu Fall gebracht.

5) HERBERT BUZELLO [1]) stellt sich in seiner Hallenser Doktordissertation auf Kriegsfuß mit der Psychologie. Ich zitiere einige Sätze grundlegender Art: „In der physiologischen Zeit gibt es keine ‚Dauer‘." (S. 30.) MACH hatte mit Recht behauptet, daß die Gegenwart entsprechend den Versuchen von HILLEBRAND u. a. eine meßbare Dauer besäße. Nicht aus der widerlegten Ansicht von JAMES heraus, sondern vom Boden der KANTschen Philosophie erschließt BUZELLO, daß die physiologische Zeit keine Dauer habe und deshalb MACHs Lehre von der Zeit falsch sei. „Wenn Lokalzeichen die räumliche Anschauung hervorbrächten, wären sie nicht aufweisbar." (S. 25.) Wenn MACH die Geräusche in Tonempfindungen zerlegt, wenn er die Lichtempfindungen in Grundfarbenempfindungen auflöst, so glaubt BUZELLO (S. 8), MACH rede von Schwingungen und physikalischen Grundfarben.

„MACH übernimmt aus der Sinnesphysiologie den Begriff der „Empfindung" und setzt die Empfindung als das Element, aus dem alles Wirkliche zusammengesetzt ist." MACH denkt natürlich gar nicht daran, sondern er scheidet den spezialwissenschaftlichen Empfindungsbegriff sehr wohl von dem funktionalen Element. MACH könne nie beweisen, so fährt BUZELLO fort, ob er auf letzte Elemente gekommen sei. BUZELLO übersah, daß MACH dies selbst sagte. Wie hier vom Schreibtisch aus, den gesicherten Tatsachen der experimentellen Psychologie zum Trotz, einfach aus der Erkenntnistheorie heraus entschieden wird, macht den KANTschen Weg gerade nicht annehmbar. Die Tatsachen der Psychologie wird BUZELLO dadurch nicht ändern. Auch kann MACH ruhig schweigen, wenn ein Monstrum von Mißverständnissen als MACHsche Lehre ausgegeben und totgeschlagen wird.

5. Weitere Kritiken, die MACH irrtümlicherweise als Erkenntnistheoretiker auffassen, die seinen funktionalen Empfindungsbegriff mißverstehen und die Lehren HERAKLITs aus ihm herauslesen, um ihn dann mit KANT zu widerlegen, natürlich ohne MACHs

[1]) HERBERT BUZELLO, Kritische Untersuchung von Ernst Machs Erkenntnistheorie. Ergänzungsheft 23 zu Kantstudien, 16, 1911 und Diss.

wirkliche Behauptungen zu berühren, stammen von: JULIUS BAUMANN[1]), HARALD HÖFFDING[2]), HUSSERL[3]), HEINRICH GRÜNBAUM[4]), EMIL LUCKA[5]), J. W. A. HICKSON[6]) u. a. Einige wie DÜRR (unter den besprochenen BUZELLO u. a.) verwechseln irrtümlicherweise das Ökonomieprinzip mit der mittelalterlichen Lex parsimoniae, wovor MACH ausdrücklich warnte.

Den russischen Machisten, die wie BOGDANOW den Plan haben, MACH und MARX zu vereinigen, trat PLECHANOW[7]) in recht naiver Weise entgegen. Dieser Begründer der Sozialdemokratie in Rußland hat die Ehre, MACH am allermeisten mißverstanden zu haben. Seine Argumente — er operiert mit HEGEL — sind aber denen der Kantianer ebenbürtig.

Die Kritiker sagen: „KANT", aber welchen KANT sie meinen, das hören wir nicht. Hat doch jede erkenntnistheoretische Schule an KANT Verbesserungen angebracht, ohne daß dabei jedoch die Realität erkenntnistheoretisch erreicht wäre, wogegen der Widerspruch der einzelnen Erkenntnistheorien untereinander heute stärker ist als je. Was ist „die" Erkenntnistheorie? Es gibt keine sanktionierte Erkenntnistheorie. Gemäß KANTs eigener Aussage genügt einer der Punkte, wenn er hinfällt, um die ganze im Rundbau aufgeführte Kritik hinfällig zu machen. Man kann nicht die Raumlehre etwas ändern und dann die synthetischen Urteile a priori noch festhalten.

Mit den einzelnen Erkenntnistheorien habe ich mich andernorts auseinandergesetzt und MACH verteidigt, ich darf hier darauf hinweisen. Zugleich sei die Aufmerksamkeit auf die Arbeit von ZIEHEN gerichtet[8]).

[1]) J. BAUMANN, Arch. f. syst. Philos. 7, S. 260ff., 1901; ebenda: 4, S. 44ff. — 5, S. 376ff. — 7, S. 260ff. — Abdruck in: Deutsche und außerdeutsche Philosophie der letzten Jahrhunderte. Gotha 1903.

[2]) H. HÖFFDING, Moderne Philosophen. Leipzig 1905, S. 104ff.

[3]) E. HUSSERL, Logische Untersuchungen. 1900.

[4]) H. GRÜNBAUM, Arch. f. syst. Phil. 5, 1899.

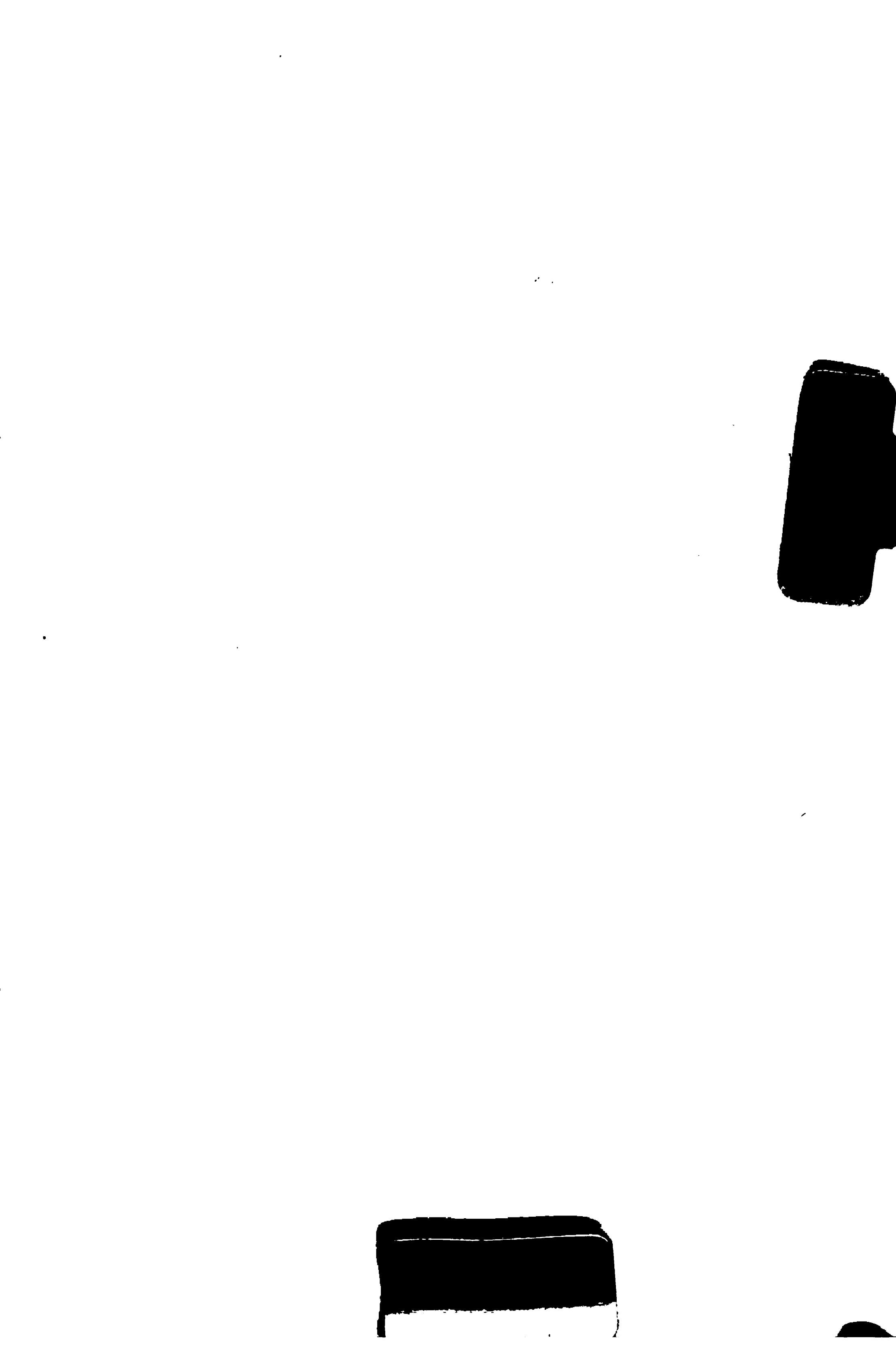
[5]) E. LUCKA, Kantstudien. 8, S. 396ff.

[6]) HICKSON, Arch. f. syst. Philos. 24.

[7]) PLECHANOW, Materialismus militans. La voix du socialdemocrate. Paris 1908, Nr. 8/9. (Text russisch.)

[8]) TH. ZIEHEN, Zum gegenwärtigen Stand der Erkenntnistheorie. (Zugleich Versuch einer Einteilung der Erkenntnistheorien.) Wiesbaden 1914


89092543230
b89092543230a




B89092543230A